

## **Les animaux de trait au Nord-Cameroun : zébu, âne et cheval**

Performances à l'effort  
et adaptations physiologiques

---

Eric Vall

**Centre de coopération internationale  
en recherche agronomique pour le développement**  
département d'élevage et de médecine vétérinaire

**Institut de recherches zootechniques et vétérinaires**  
IRZV - Garoua , Cameroun

# **Les animaux de trait au Nord-Cameroun : zébu, âne et cheval**

Performances à l'effort  
et adaptations physiologiques

---

Eric Vall



## **Les animaux de trait au Nord-Cameroun : zébu, âne et cheval**

Performances à l'effort  
et adaptations physiologiques

---

Eric Vall

Juin 1996

**Centre de coopération internationale  
en recherche agronomique pour le développement**  
département d'élevage et de médecine vétérinaire

**Institut de recherches zootechniques et vétérinaires**  
IRZV - Garoua , Cameroun



Cette synthèse présente les résultats essentiels de la thèse de l'auteur intitulée :

**VALL E., 1996.** Capacités de travail, comportement à l'effort et réponses physiologiques du zébu, de l'âne et du cheval au Nord-Cameroun. *Thèse de Doctorat, ENSAM, Montpellier (France), 418 p.*

Ce document est disponible auprès de M. Philippe LHOSTE à l'adresse suivante :

**CIRAD-EMVT**

Campus international de Baillarguet

BP 5035

34 032 Montpellier

Cedex 1

tél. : 67-59-37-20

fax : 67-59-37-95

e-mail : [lhoste@cirad.fr](mailto:lhoste@cirad.fr)

Tous droits de traduction, de reproduction par tous procédés,  
de diffusion et de cession réservés pour tous pays

© CIRAD-EMVT, IRZV 1996

|   |    |
|---|----|
| Résumé.....   | 7  |
| Summary .....   | 8  |
| <b><u>1. Problématique, objectifs et organisation de la recherche</u></b> ..... | 9  |
| 1.1. Approche expérimentale   |    |
| 1.2. Cadre de l'étude   |    |
| 1.2.1. Nord-Cameroun  |    |
| 1.2.2. Diffusion de la traction animale   |    |
| 1.2.3. Traction animale et systèmes de production                               |    |
| 1.3. Problématique  |    |
| 1.4. Organisation de la recherche   |    |
| 1.5. Résultats attendus   |    |
| <b><u>2. Diversité de la traction animale dans le Nord-Cameroun</u></b> .....   | 19 |
| 2.1. Objectif   |    |
| 2.2. Méthode  |    |
| 2.3. Résultats  |    |
| 2.3.1. Zonage agro-écologique   |    |
| 2.3.2. Animaux : effectifs, localisation et caractéristiques                    |    |
| 2.3.3. Pratiques : élevage et utilisation                                       |    |
| 2.3.4. Conclusion de l'étude systémique   |    |
| <b><u>3. Efficacité à l'effort du zébu, de l'âne et du cheval</u></b> .....     | 29 |
| 3.1. Objectif   |    |
| 3.2. Méthode  |    |
| 3.3. Capacité de travail : étude mécanique                                      |    |
| 3.3.1. Approche qualitative : intensité de l'effort                             |    |
| 3.3.2. Approche quantitative : durée, vitesse et dépense énergétique            |    |
| 3.3.3. Tables des performances au travail                                       |    |
| 3.3.4. Conclusion de l'étude mécanique  |    |
| 3.4. Comportement à l'effort : étude biologique                                 |    |
| 3.4.1. Traction attelée et voie énergétique                                     |    |
| 3.4.2. Traction attelée et homéothermie   |    |
| 3.4.3. Traction attelée et fatigue  |    |
| 3.4.4. Conclusion de l'étude biologique   |    |
| <b><u>4. Retour au milieu paysan et perspectives</u></b> .....                  | 47 |
| 4.1. Recherches expérimentales  |    |
| 4.2. Recherches en milieu paysan  |    |
| 4.3. Perspectives   |    |
| Références bibliographiques.....  | 54 |
| Annexes .....   | 57 |



## Résumé

☞ **Problématique.** La connaissance de l'aptitude à la traction des espèces animales impliquées dans les systèmes de production de la zone sub-sahélienne d'Afrique francophone était, il y a quelques années encore, fragmentaire et empirique. Les stratégies de développement de la traction animale conduites dans ces régions ont insuffisamment pris en compte les facteurs liés à l'animal (marchés, santé, alimentation, etc.), pour orienter le développement de cette technique vers telle ou telle espèce en fonction de l'environnement écologique et socio-économique. Ceci explique en partie son succès mitigé.

☞ **Objectif et méthode.** L'étude relatée a été conduite de 1991 à 1995 dans le bassin cotonnier du Nord-Cameroun, territoire choisi pour sa représentativité quant à d'autres situations de la zone de savane. Cette étude a utilisé une chaîne de mesure informatisée pour caractériser l'efficacité au travail des trois espèces animales attelées dans cette zone (zébu ; âne ; et cheval), pour des efforts de traction variables et des conditions climatiques contrastées (saison sèche/pluvieuse). Les études expérimentales effectuées en station ont été menées de front avec des enquêtes en milieu paysan pour préciser la place de la culture attelée dans les systèmes de production et analyser la diffusion de cette technique sur ce territoire caractérisé par une forte diversité (humaine, physique, etc.).

☞ **Résultats.** Les paysans visent une combinaison adaptée à leur richesse et à leur besoin de puissance de traction entre les coûts d'équipement et d'entretien de leur attelage. L'environnement agro-écologique réduit à 4 zones, permet d'expliquer la primauté de telle ou telle espèce selon les zones. La traction bovine procure de la puissance pour le labour dans des parcelles enherbées destinées au coton et au maïs ce qui explique son développement important dans la moitié Sud du bassin cotonnier. Elle offre aussi une possibilité de vente à la réforme. La traction asine est économique à l'achat et maniable dans des parcelles exiguës et pierreuses. Elle se développe surtout sur les piémonts densément peuplés et couverts de petites exploitations. La traction équine, intermédiaire en termes de puissance et de coût à l'achat, a un coût d'entretien élevé car l'alimentation des chevaux incorpore des céréales. Numériquement faible, elle se développe au Nord en marge du coton et au Sud depuis peu de temps.

♦ L'étude mécanique montre que les plages d'efficacité maximale au travail par espèce sont différentes et complémentaires :

|        | PV<br>(kg) | F<br>(%PV) | v<br>(km/h) | d<br>(h) | DE<br>(MJ) |
|--------|------------|------------|-------------|----------|------------|
| âne    | 100-150    | 10-16      | 2,6-3,2     | 3,0-6,0  | 5-8        |
| cheval | 200-300    | 10-16      | 3,2-3,4     | 4,5-6,5  | 16-24      |
| zébu   | 300-450    | 09-15      | 2,4-2,9     | 4,5-6,5  | 24-40      |

PV : poids vif ; F : force de traction ; v : vitesse ;  
d : durée ; DE : dépense énergétique liée au travail.

Le rendement net (travail de traction/DE) de l'âne (26-29%) est supérieur à celui du cheval (24-27%) et du zébu (16-20%).

♦ L'étude biologique montre qu'en effort attelé :  
- le métabolisme énergétique est surtout aérobie ;  
- le risque d'hyperthermie est minime en dehors de la saison des pluies ;  
- une bonne récupération cardiaque est caractérisée par une  $Fe_3$  (fréquence cardiaque 3 min après l'arrêt de l'effort) inférieure à 80 bat/min pour un effort moyen (< 90 bat/min pour un effort intense).

♦ L'étude présente des utilisations pratiques du référentiel mécanique, critique sa validité et souligne les limites à respecter selon les travaux. Des propositions sont faites pour l'améliorer et l'employer dans une chaîne de l'innovation partant de l'élaboration de prototypes d'outils à la formule adoptée par le paysan.

☞ Le référentiel mécanique bâti autour du concept d'adéquation animal-outil est une aide à la décision pour l'équipement. Les indicateurs biologiques permettent de gérer et d'anticiper le travail animal dans la durée. L'utilisation en conditions paysannes de ces connaissances expérimentales et systémiques permet d'apporter, par l'innovation technique ou le conseil de gestion, des solutions aux problèmes de traction animale rencontrés.

**Mots clefs :** cheval, zébu, âne, traction animale, enquêtes, expérimentations, exercice musculaire, fréquence cardiaque, lactatémie, température rectale, climat, effort de traction, vitesse, durée, dépense énergétique, Nord-Cameroun, coton, labour, travail du sol en sec, travail à la dent, buttage, sarclage, transport attelé.



## SUMMARY

☞ **Issue.** In the production systems of sub-saharian French-speaking area of Africa, the knowledge of animal traction ability has been sketchy and empirical for several years. Consequently, development of animal traction strategies in these regions have neglected the animal constraints (markets, health, feeding, etc.) ; strategies that could have been developed using a particular species depending on the particular ecological and/or socio-economic environment. This explains its partial success.

☞ **Objective and method.** This study was carried out from 1991 to 1995 in the northern Cameroonian cotton area. This zone was chosen for its representativeness in relation with other situations of the savannah region. This work used a computerised measure system for animal traction to characterise the work efficiency of zebus, donkeys and horses for different draught forces and variable climatic conditions (during dry and wet seasons). Studies in experimental conditions were conducted in parallel with surveys in farmers' environment, in order to specify the place of mechanised cultivation in these production systems, and to analyse the expansion of this technique in this very diversified area.

☞ **Results.** Farmers aim for a combination that takes into account their wealth and specific needs for draught animal power, including the equipment and maintenance cost of their harnessing. The reduction of the agro-ecological environment in four zones has permitted to explain the primacy of one species over another according to the zone. Bovine traction brings power for ploughing in weed-infested plots intended for cotton and maize, therefore explaining its important development in the cotton zone Southern half. It also brings the possibility of selling culling animals. Asin traction is economical and easy to handle in narrow and stony plots. It is thus particularly developed in lowlands (area with a high density population) covered by small farms. Equine traction, intermediary in power and purchasing costs, has a high maintenance cost owing to the fact that horse feeding contains cereals. Slight in animal number, it has begun to develop in the North within the fringe of the cotton production area and recently in the South.

◆ The mechanical study shows that maximal efficiency of work ranges for each species, in accordance with different and complementary features :

|        | BW<br>(kg) | F<br>(%BW) | s<br>(km/h) | l<br>(h) | EE<br>(MJ) |
|--------|------------|------------|-------------|----------|------------|
| donkey | 100-150    | 10-16      | 2,6-3,2     | 3,0-6,0  | 5-8        |
| horse  | 200-300    | 10-16      | 3,2-3,4     | 4,5-6,5  | 16-24      |
| zebu   | 300-450    | 09-15      | 2,4-2,9     | 4,5-6,5  | 24-40      |

BW : body weight ; F : draught force ; s : speed ;  
l : length ; EE : energy expenditure linked to work.

The net efficiency (i.e. traction work/energetic expenditure) of the donkey (26-29 %) is higher than that of the horse (24-27 %) and the zebu (16-20 %).

◆ The biological study shows that for a draught effort, there are three main features :

- energetic metabolism is basically aerobic ;
- hyperthermy risk is minor except during the wet season ;
- a good recovery is characterised by a cardiac frequency (timed 3 min after end of effort :  $F_{c3}$ ) lower than 80 bt/min for an average effort (< 90 bt/min for an intense effort).

◆ The study presents some practical uses of the set of mechanical references, criticises and underlines the limits to be respected according to the type of work. In addition, some proposals are given to perfect it and include it, in a complete innovation process, starting from prototypes material shaping up to the appraisal of the farmer's tools.

☞ The mechanical references, built around the concept of animal-tool appropriateness, helps in decision making for equipment choice. With the biological indicators it is possible to manage and to anticipate animal work conditions. The use of these experimental and systemic knowledge, at the farm level, brings some solutions to animal traction problems, such as technical innovations or suitable management advices.

**Key words :** horse, zebu, donkey, animal traction, surveys, experimentations, muscular exercise, cardiac frequency, lactatemy, rectal temperature, climate, draught force, speed, length, energy expenditure, North-Cameroon, cotton, plough, dry-soil work, tooth work, earthing-up, weeding, yoke transport.

## **1. Problématique, objectifs et organisation de la recherche**

### **1.1. Approche expérimentale**

**Un domaine longtemps délaissé.** Au début des années 1980, la communauté scientifique constatait que, dans de nombreux pays en développement qui utilisaient encore largement l'énergie animale, il subsistait un retard de la connaissance sur : les performances au travail des animaux de trait ; leur physiologie ; et leur élevage (Smith 1981). Le thème de la traction animale bien qu'intégré dans de nombreux projets de développement rural en Afrique, connaissait des succès divers (Bigot 1985) en partie à cause d'une attention insuffisante accordée aux contraintes liées à l'animal (marché du bétail, dominantes pathologiques, alimentation, connaissance de l'élevage par les agriculteurs ; Lhoste 1989).

**Redémarrage des recherches.** Durant la dernière décennie cette situation a progressivement changé. Plusieurs ouvrages ont été consacrés à des études sur la place de la traction animale dans les systèmes de production, mais aussi sur l'animal de trait (GTZ 1982, Copland 1985, Hoffmann et al. 1989, Fielding et Pearson 1991, Pryor 1992, FAO 1994, Starkey 1994, etc.). De plus, la mise au point d'appareillages électroniques informatisés et portables, permettant d'effectuer des mesures sur des attelages en mouvement, ont apporté un renouveau méthodologique et généré un regain vigoureux de la recherche (Kemp 1987, Lawrence et Pearson 1985, Lawrence et al. 1991).

**Option CIRAD-EMVT<sup>1</sup>.** En Afrique francophone, des travaux de base sur les performances des attelages existaient, mais ils dataient des années 1960 (Sherrer 1966). Dans une telle situation, il paraissait important pour le CIRAD-EMVT de revenir à des travaux assez fins sur les aspects mécanique et biologique du travail des animaux attelés ou encore disponibles sur place (poneys, chevaux taurins, vaches, etc.). En 1990, le CIRAD-EMVT a fait l'acquisition d'une chaîne de mesure informatisée et a décidé d'appliquer pour la première fois cette méthodologie sur un terrain d'étude francophone : le Nord-Cameroun<sup>2</sup>.

**Choix du Nord-Cameroun.** Historiquement, l'évolution des systèmes de production du Nord-Cameroun a été profondément marquée par le développement de la culture attelée, et notamment de la traction bovine (Roupsard 1987). C'est un territoire assez représentatif de la zone agro-écologique de la culture du coton et, à ce titre, les études envisagées dans cette région ont une représentativité pour bien d'autres situations de la zone de savane. Institutionnellement, en basant ce travail à Garoua, le CIRAD-EMVT lui offrait un environnement scientifique pluridisciplinaire important. En effet, le Projet Garoua<sup>3</sup> auquel cette recherche a été intégrée en 1991 a fonctionné de 1988 à 1995. Finalement, la totalité du travail de terrain a été réalisée au Cameroun, en liaison avec les chercheurs des institutions nationales de recherches (IRZV et IRA<sup>4</sup>). L'étude a utilisé les moyens matériels et les facilités de la station de recherche de l'IRZV de Garoua.

<sup>1</sup> Département d'Élevage et de Médecine Vétérinaire du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

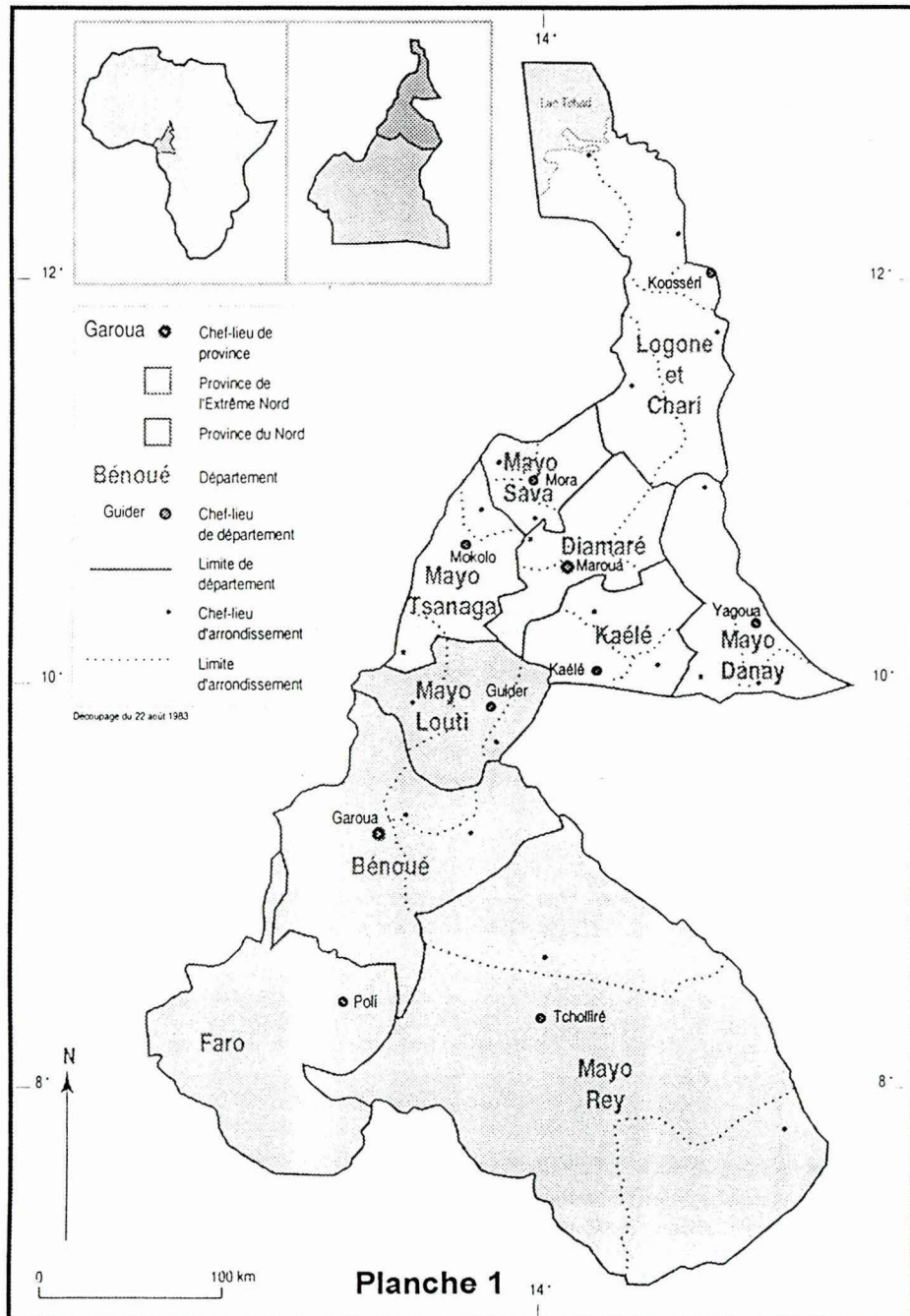
<sup>2</sup> L'expression Nord-Cameroun désigne dans ce document le territoire couvert par les provinces du Nord et de l'Extrême Nord du Cameroun.

<sup>3</sup> Projet Garoua : projet de recherches pour le développement des savanes du Nord-Cameroun.

<sup>4</sup> Institut de Recherches Zootechniques et Vétérinaires et Institut de Recherches Agronomiques du Cameroun.



# NORD-CAMEROUN : DECOUPAGE ADMINISTRATIF



Un comité de pilotage composé d'une dizaine de chercheurs basés en France (CIRAD et INRA<sup>5</sup>), a contribué au suivi scientifique et méthodologique de la recherche du début à la fin.

## 1.2. Cadre de l'étude

### 1.2.1. Nord-Cameroun

**Diversité physique et humaine.** Le Nord-Cameroun (planche 1) a une superficie d'environ 100.000 km<sup>2</sup>. Il s'étend entre les 7<sup>ème</sup> et 13<sup>ème</sup> degrés de latitude Nord et se compose de plaines (Diamaré au Nord ; bassin de la Bénoué au Sud), de nombreux massifs montagneux (Mandara, Peské Bori, Tinguelin, Alentica, Poli, Tcholliré, etc.) avec des zones de piémonts marquant la transition entre ces ensembles (annexe 1a). Le climat est caractérisé par une saison des pluies monomodale qui varie en durée et en intensité (400 mm/an à Kousséri ; 1200 mm/an à Touboro). Ces variations sont conditionnées par l'écartement en latitude de ce territoire et par l'étagement du relief (annexe 1b). La culture attelée est surtout utilisée en saison des pluies donc sur une courte période (mai à août). Au Sud, la pluviométrie est plus forte et l'enherbement des parcelles plus vigoureux ce qui augmente la puissance de traction nécessaire. Quatre grandes divisions phytogéographiques liées à la pluviométrie se distinguent (prairies périodiquement inondées de Kousséri à Yagoua ; steppes à épineux dans le triangle Mora-Guider-Yagoua ; savanes arbustives à feuillus et tapis herbacé continu dans la plaine de la Bénoué ; savanes boisées et forêts claires sèches ou prolifèrent les glossines (annexe 2) au Sud de la ligne Poli-Tcholliré jusqu'aux contreforts de l'Adamaoua ; Letouzey 1985). La diversité des sols (Brabant et Gavaud 1985) rend le travail attelé plus ou moins pénible selon la nature des terrains (sols légers : sablonneux, ferrugineux tropical ; sols lourds : vertisols ; sols pierreux).

La population (annexe 3), largement rurale (80 %) est estimée à environ 2.700.000 habitants (recensement de 1987). Le peuplement du Nord-Cameroun est un élément de grande diversité qu'il soit envisagé sur un plan démographique, ethnique ou religieux (ORSTOM 1984, Beauvilain 1989). La population se divise en une soixantaine de groupes ethniques, inégaux en nombre et parlant des langages différents où cependant s'impose le *foulfouldé* des peulhs comme langue véhiculaire. Cette population est marquée par un déséquilibre démographique entre la province de l'Extrême Nord (peuplement ancien ; forte densité de population : 50 à 80 hab./km<sup>2</sup> en moyenne) et celle du Nord sous-peuplée (en moyenne 10 hab./km<sup>2</sup>). Les zones à forte densité (> 100 hab./km<sup>2</sup>) sont localisées dans les monts et piémonts du massif des Mandara (chez les Mafa, Mofou, Guider...) et le long du Logone (chez les Massa, Mousgoum, Toupouri). Dans ces régions il existe une forte pression foncière, ce qui a conduit à la formation d'exploitations de petite taille et limite le besoin de force de traction. A l'opposé, au Sud de Garoua, les départements du Faro et du Mayo Rey sont des zones à faible densité de population (< 5 hab./km<sup>2</sup>) où les ressources en terres agricoles et en parcours sont importantes. Ce déséquilibre a été à l'origine de grands projets de migration des populations de l'Extrême Nord vers les zones méridionales (Guider Bé : 1966-1972 ; Nord-Est Bénoué : 1973-1986 ; Sud-Est Bénoué : à partir de 1978).

**Agriculture et élevage.** Le coton et l'élevage dominent l'agriculture du Nord-Cameroun. Les exploitations agricoles sont de taille modeste. Drommard (1986) estime que 75 % des exploitations cultivent une surface inférieure à 3 ha, pour 3 actifs en moyenne et 5 à 6 résidents. Mais les exploitations équipées d'attelages sont souvent de taille supérieure.

<sup>5</sup> Institut National de la Recherche Agronomique.



Figure 1. Evolution des effectifs d'animaux de trait depuis 1990 (source SODECOTON 1995)

| Attelages        | Années | 90/91 | 91/92 | 92/93 | 93/94 | 94/95 | Variation 94/90 |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| Paires de boeufs |        | 32051 | 32244 | 31821 | 32672 | 35340 | 10%             |
| Paires de vaches |        | 897   | 910   | 943   | 1103  | 1351  | 51%             |
| Anes             |        | 7875  | 8862  | 10100 | 11524 | 13574 | 72%             |
| Paires d'ânes    |        | 239   | 182   | 147   | 142   | 143   | -40%            |
| Chevaux          |        | 527   | 651   | 807   | 1100  | 2013  | 282%            |

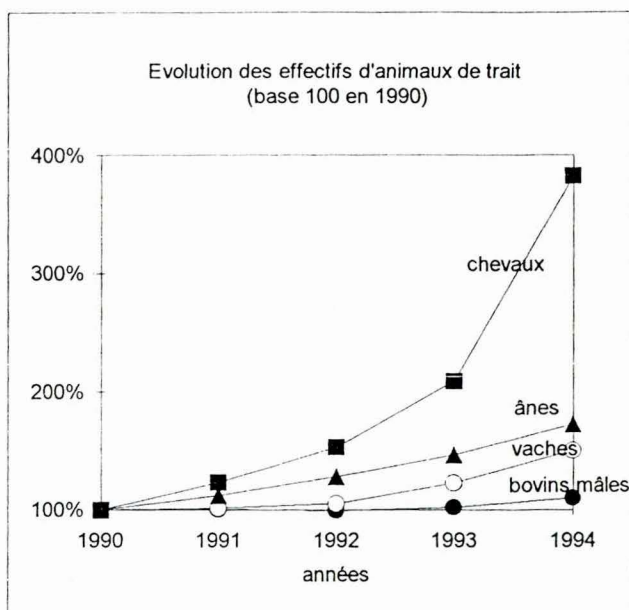
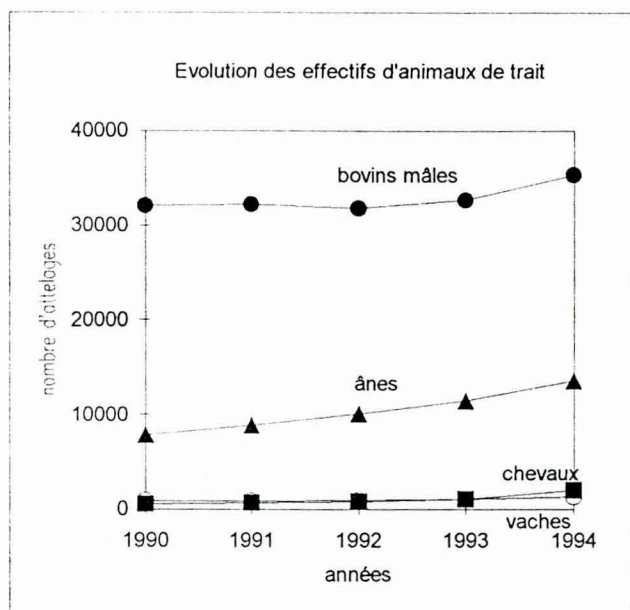
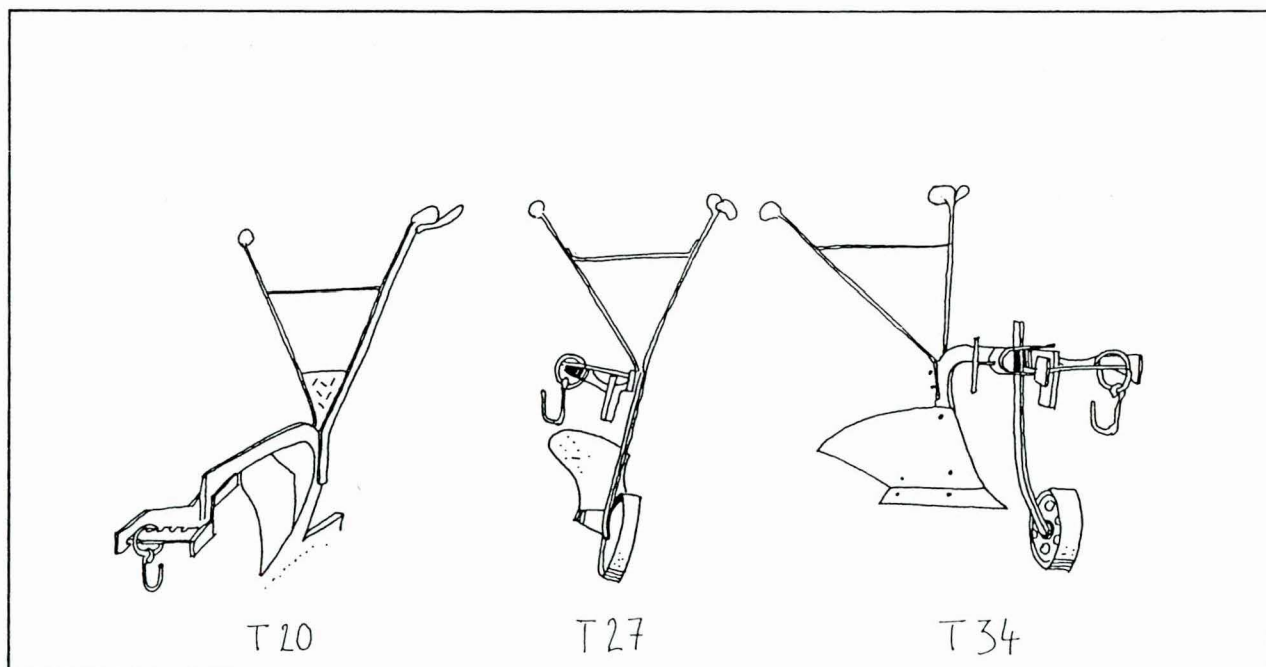


Figure 2. Charrues Tropic distribuées par la SODECOTON

**Légende :**

Modèle T34 : charrue lourde bovine

Modèle T27 : charrue moyenne (équine, ou pour de petits bovins)

Modèle T20 : charrue légère asine

Le bassin cotonnier s'étend sur une superficie d'environ 85.000 km<sup>2</sup> compris entre l'isohyète 700 mm au Nord de Maroua et l'isohyète 1200 mm au Sud de Touboro. La SODECOTON<sup>6</sup> l'a divisé en 8 régions (annexe 4a) pour administrer la production de coton (177.000 tonnes de coton graine ; 141.000 ha ; 250.000 planteurs ; SODECOTON 1995). La surface moyenne de coton cultivée par planteur est de 0,55 ha. Le reste de l'assolement (annexe 4b) est cultivé en céréales (sorgho et mil partout ; maïs au Sud de Guider) et en légumineuses (arachide surtout dans la région de Guider ; niébé notamment en pays Toupouri). Au cours des dix dernières années, la progression du maïs au détriment du sorgho dans la province du Nord, celle du niébé à la place de l'arachide dans l'Extrême Nord, l'accroissement des surfaces en *muskuwaari*<sup>7</sup> et enfin le développement du maraîchage ont profondément transformé les systèmes de culture. C'est aussi une zone d'élevage (Planchenault 1992) qui compte environ 1.700.000 bovins (soit 38 % du cheptel national) et plus 1.400.000 ovins et 1.500.000 caprins (soit 55 % des petits ruminants du pays). Les éleveurs sont soit des transhumants (Bororo), soit des sédentaires ou semi-sédentaires pratiquant aussi l'agriculture, ou encore des agriculteurs possédant un petit élevage (boeufs de trait) souvent désignés par le terme agro-éleveurs. La culture cotonnière et l'élevage fournissent aux agriculteurs l'essentiel de leur revenu monétaire, malgré une volonté affichée de diversification des productions agricoles (Raymond et al. 1994).

### 1.2.2. Diffusion de la traction animale

Avec le développement de la culture cotonnière depuis 1950 encadré par la CFDT<sup>8</sup> puis par la SODECOTON à partir de 1974, la culture attelée a connu un développement qui apparaît désormais irréversible. Aujourd'hui, la traction bovine domine (environ 37.000 paires de bovins en 1995 ; figure 1). La SODECOTON qui a promu et encadré cette extension, a également porté son effort sur la traction asine pour les sols légers.

**Extension ancienne et irrégulière de la traction bovine (1950-1985).** L'histoire agricole du Nord-Cameroun montre que le revenu du coton a financé largement l'équipement de culture attelée des agriculteurs. Dans les périodes d'extension de la culture du coton, la culture attelée bovine se développait, tandis qu'elle régressait dans les périodes de récession de la filière cotonnière (Roupsard 1987).

**Apparition de nouvelles formes de traction attelée (1985-1995).** Au cours de la dernière décennie, la crise économique qui a touché l'Afrique sub-saharienne mais également le marché mondial du coton, a incité les paysans du Nord-Cameroun à acquérir des attelages moins chers et disponibles sur place. Ainsi la traction animale s'est diversifiée grâce à l'utilisation des équidés (figure 1). On dénombrait en 1995 plus de 14.000 ânes sur la zone cotonnière, et environ 2.000 chevaux d'attelages de types locaux (Dongolaw, Barbe et poney Moussey).

**Freins au développement de la culture attelée.** Les exploitations agricoles sont souvent petites au Nord-Cameroun et les besoins de traction ne justifient pas toujours l'acquisition d'un attelage. Le développement de la culture attelée, aujourd'hui, est très dépendant de l'évolution du prix des produits agricoles, des animaux de trait, des équipements et des intrants, évolution liée à la dévaluation du Franc CFA (CFA) en 1994. Certes, depuis cet événement, le prix du coton a progressé de 59 %, mais celui des charrues a presque doublé ainsi que celui des produits vétérinaires. Les possibilités de financement par le crédit sont limitées, l'épargne est peu

<sup>6</sup> Société de Développement de la Culture du Coton.

<sup>7</sup> Sorgho cultivé en saison sèche. Il est très répandu dans la plaine du Diamaré sur les sols argileux (*Karals*).

<sup>8</sup> Compagnie Française de Développement des Fibres Textiles.



développée en dehors des circuits traditionnels des tontines<sup>9</sup>, les taux usuraires sont très élevés. Les problèmes d'alimentation des animaux de trait en saison sèche et de santé, ne sont pas résolus. Les nouvelles associations animaux-outils s'avèrent parfois peu efficaces, ce qui nuit à la qualité du travail du sol. L'activité des attelages est ralentie en dehors de la courte période d'installation des cultures (mai à juillet).

### 1.2.3. Traction animale et systèmes de production

La traction animale a eu un impact considérable sur les systèmes de production, tant pour le développement des cultures commerciales (coton, maïs) que pour l'introduction de l'élevage chez les agriculteurs ou l'élargissement des pratiques culturales chez les éleveurs peulhs. Les principales utilisations de la traction animale sont les suivantes (Dugué et al. 1994).

**Priorité accordée au labour et à la charrue.** Le labour réalisé avec la charrue constitue le travail principal des attelages dans l'ensemble du bassin cotonnier. La SODECOTON distribue trois modèles de charrues forgés par *Tropic* (figure 2) : la charrue lourde (bovine) T34 : 86.000 CFA ; moyenne T27 : 80.000 CFA ; légère (asine) T20 : 56.000 CFA (tarifs 1995). Près de 80 % des surfaces en coton sont labourées en traction animale. Cette situation a des origines historiques et correspond bien aux conditions du milieu. Les sociétés cotonnières ont vulgarisé dans un premier temps la charrue et la traction bovine de façon à accompagner le développement de la culture cotonnière, plante à enracinement pivotant qui valorise bien le labour (CFDT 1965). A partir de la fin du mois de mai, période de démarrage des semis du coton, les parcelles sont enherbées. Le labour est alors utilisé pour préparer un lit de semence propre pour les cultures de coton et de maïs.

**Accroissement régulier des surfaces entretenues en traction animale.** La mécanisation du sarclage progresse lentement, malgré les efforts des vulgarisateurs. Cette opération nécessite un attelage bien dressé, qui marche droit et ne piétine pas trop les cultures. Moins de 40 % des surfaces en coton sont sarclées mécaniquement. Dans la moitié Sud du bassin cotonnier, plus de 80 % des surfaces en coton sont buttées mécaniquement, ainsi que la quasi-totalité des surfaces en maïs. Le buttage s'effectue rapidement, contrôle l'enherbement et permet l'enfouissement de l'urée aux pieds des plantes. A défaut de corps butteur, il est effectué avec la charrue. Les corps butteur et sarcler vendus par la SODECOTON s'adaptent sur le bâti des charrues *Tropic*.

**Sous-équipement pour le transport.** Le transport attelé est très peu développé (6 % des propriétaires d'attelages sont équipés de charrettes) ; on comptait en 1995 seulement 3.000 charrettes bovines et une centaine de charrettes asines au total. Peu de paysans disposent de la capacité financière suffisante pour acquérir un tel équipement (charrettes *Manucycle* bovine : 200.000 CFA ; asine : 120.000 CFA aux tarifs subventionnés 1995). Cette situation explique la très faible utilisation des attelages en dehors de la période des cultures.

### 1.3. Problématique

D'une manière générale, la connaissance des performances au travail des animaux de trait dans les systèmes de production des pays en développement est peu approfondie. Certaines notions méritaient être précisées en vue de l'amélioration de l'efficacité au travail des animaux de trait. Nous en avons retenu deux : la connaissance des capacités de travail des différentes

<sup>9</sup> Cotisations périodiques constituées et partagées par un groupe de personnes.

espèces (variables selon l'intensité de l'effort) ; et celle des adaptations physiologiques permettant de produire un effort de longue durée sans mettre en danger l'intégrité de l'organisme des animaux (variables selon l'environnement de travail).

Dans le Nord-Cameroun, les capacités de travail des attelages sont largement sous-employées (activité réduite pendant l'année, peu diversifiée et élevage peu soigné), ce qui grève leur rentabilité globale. Comment expliquer cette situation ? On constate aussi que la traction animale se diversifie. Les paysans utilisent désormais les trois espèces présentes dans la région (bovine, asine et équine). Quelle est l'origine de ce phénomène ? Comment s'effectue aujourd'hui la diffusion de la traction animale ?

**Approche systémique.** Cette approche a été envisagée pour analyser les causes et les modalités de la diversification des animaux de trait dans la région ; mais aussi pour étudier la place et l'utilisation de la traction animale dans les systèmes de production. Nous avons cherché à : comprendre le choix du paysan pour telle ou telle espèce (quels sont ses critères ?) ; préciser les tâches réalisées par ces espèces ; et spécifier les problèmes posés par leur utilisation. De cette manière nous voulions montrer qu'aujourd'hui :

- à l'échelle régionale, le développement préférentiel d'une espèce animale de trait dans telle ou telle partie du Nord-Cameroun peut s'expliquer par la distribution spatiale des facteurs agro-écologiques ayant un impact sur l'utilisation ou l'élevage des animaux ;
- à l'échelle individuelle, le paysan choisit son attelage en fonction de son besoin en force de traction et selon sa richesse.

Ce diagnostic général ne permet cependant pas de répondre aux questions spécifiques relevant des problèmes liés à l'utilisation des animaux pour les tâches agricoles.

**Approche expérimentale.** C'est pourquoi il nous a semblé qu'une étude expérimentale axée sur l'efficacité au travail des trois espèces locales utilisées pour la traction constituait une priorité de recherche. Il s'agissait d'abord de préciser les caractéristiques du travail attelé et leurs facteurs de variation. Puis, de placer ces résultats dans une perspective de développement pour accompagner la diffusion de la traction animale et combattre le sous-emploi des attelages en améliorant leur utilisation de deux manières :

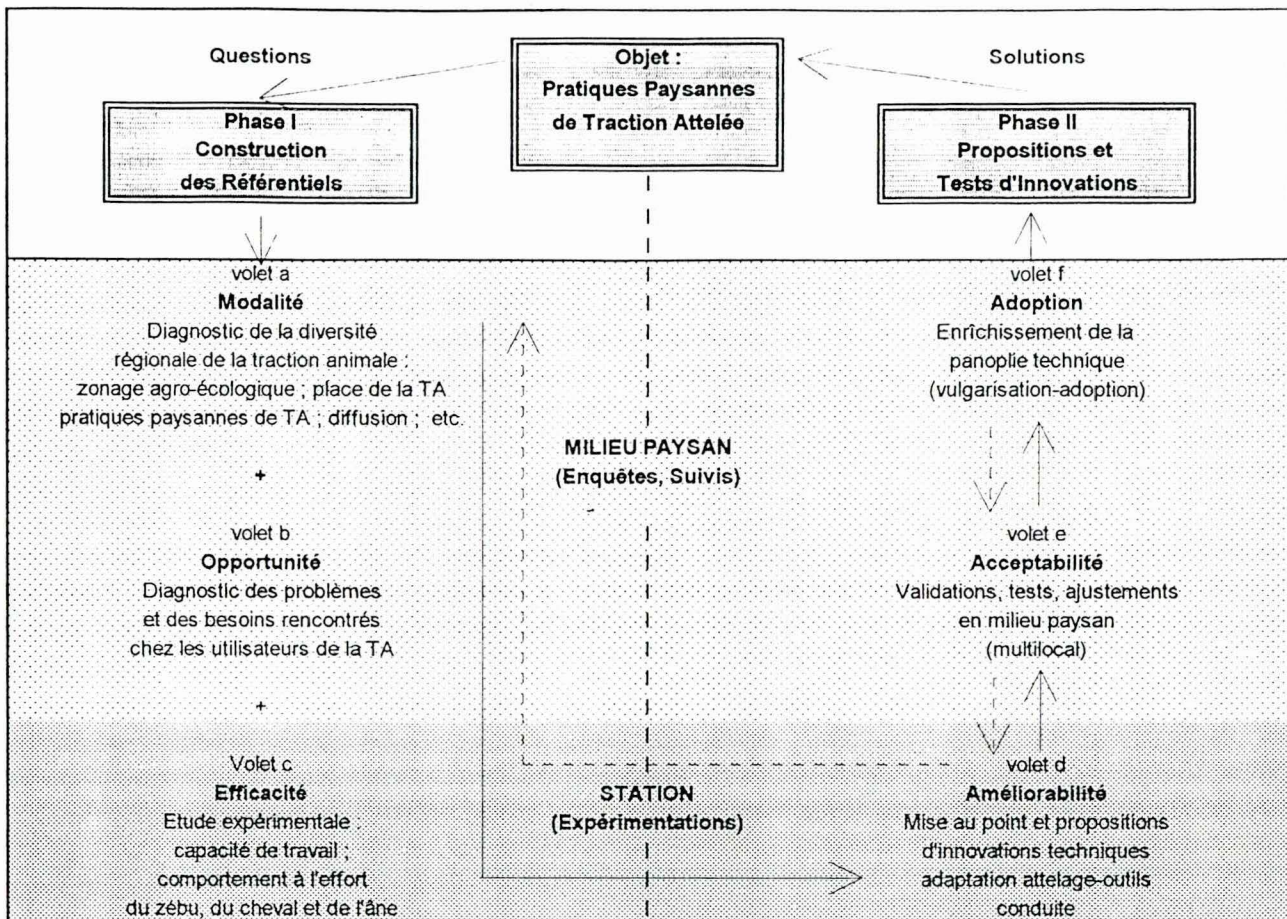
- en réduisant la part d'empirisme lors du choix d'un attelage pour un travail donné afin d'optimiser l'adéquation du couple animal-outil ;
- en raisonnant plus finement la gestion de l'effort dans le temps pour mieux : doser l'effort ; et prévenir la fatigue des animaux.

#### 1.4. Organisation de la recherche

Afin de traiter l'ensemble de ces questions, la recherche a été organisée en deux phases (figure 3). En partant de l'étude des pratiques paysannes de traction attelée nous avons choisi de commencer par construire un référentiel agro-technique (phase I) destiné à être utilisé en milieu paysan pour le développement afin d'apporter, soit par l'innovation, soit par le conseil de gestion, des solutions aux problèmes rencontrés (phase II-retour au milieu paysan).



Figure 3. Organisation de la démarche de recherche



**Légende :**

→ : accumulations des connaissances ; propositions de solutions

← - - - : démarche itérative (réajustements des objectifs ; approfondissements des connaissances)

**Phase I. Production du référentiel.** Cette première étape du travail s'articule autour de deux composantes.

*Etude systémique (enquêtes ; suivis).* Nous commençons notre diagnostic par une étude bibliographique mobilisant les connaissances acquises sur le Nord-Cameroun. Elle aboutit sur une représentation spatiale des principaux facteurs agissant sur le développement de la traction animale : zonage agro-écologique. Les résultats d'enquêtes et de suivis menés sur un large échantillon d'exploitations agricoles équipées d'attelages, nous ont permis de caractériser la diversité structurelle de ces unités, de décrire les pratiques paysannes de traction attelée et de préciser la place de la traction dans les systèmes de production. L'opportunité des choix techniques effectués par les paysans est discutée selon les problèmes et les besoins rencontrés en liaison avec l'environnement agro-écologique. La dynamique régionale de diffusion de la traction animale est commentée.

*Etude expérimentale (en station).* Ce diagnostic préliminaire a été complété par une étude approfondie de l'efficacité technique des trois espèces animales utilisées localement pour la traction. Nous avons conduit des séries d'expérimentations pour suivre les performances des animaux en fonction de l'environnement du travail. Pour réduire l'effet des facteurs de confusion ces observations ont été faites en station. Nous avons utilisé intensivement une chaîne de mesure informatisée, pour mesurer les variations instantanées des paramètres mécaniques de l'effort (force, vitesse) et celles de certains indicateurs biologiques (fréquence cardiaque, température corporelle et lactatémie). Sa mise en route a nécessité une intervention technologique du CIRAD-SAR<sup>10</sup>. Cette étude expérimentale a permis de préciser les capacités de travail et la réponse physiologique des trois espèces animales en fonction de l'intensité de l'effort et des conditions climatiques.

**Phase II. Propositions de solutions** (*tests d'innovations ; conseil de gestion*). Dans le travail présenté, la phase II est à peine esquissée. Lors du retour en milieu paysan, on utilise en conditions réelles le référentiel agro-technique pour apporter aux problèmes rencontrés des solutions à la fois raisonnées et conformes à la demande du développement et aux besoins des producteurs. Dans cette étude, le retour au milieu paysan se limite à un passage de la simulation de l'effort de traction sur piste à des tests effectués en plein champ pour des travaux réels, destiné à mettre à l'épreuve le référentiel construit antérieurement. Dans son développement complet, la phase II peut être séquencée en trois étapes<sup>11</sup> : *améliorabilité des pratiques* : mises au point et propositions d'innovations techniques (limite explorée par l'étude) ; puis *acceptabilité de l'innovation* : tests et ajustements de ces innovations en milieu paysan (dispositif multilocal) ; débouchant sur *l'adoption de l'innovation* : enrichissement de la panoplie technique (vulgarisation-adoption).

## 1.5. Résultats attendus

**Cahiers des charges.** L'objectif fixé par le CIRAD-EMVT était de mettre au point une méthode simple permettant de caractériser l'aptitude à l'effort des diverses races locales de bovins, d'asins et d'équins, dans différentes conditions de milieu (température et humidité), avec des efforts de traction variables. Le projet prévoyait d'établir, grâce à une recherche expérimentale

<sup>10</sup> Département des Systèmes Agroalimentaires et Ruraux du CIRAD.

<sup>11</sup> L'aboutissement à une solution technique répondant aux critères d'acceptabilité des paysans n'est pas direct (comme cela est indiqué sur la figure 3). Il résulte d'une démarche itérative et pluridisciplinaire constituée de multiples allers-et-retours entre les étapes de mise au point qui confrontent tour-à-tour les développeurs, les producteurs et les chercheurs.



menée en station, les relations entre le travail effectué et les caractéristiques physiologiques des animaux. Il envisageait également de relier ces études à des observations sur les systèmes de production pour préciser la place, le rôle, la rentabilité et l'implication de la traction animale. Les résultats originaux obtenus concernent surtout le volet expérimental.

**Meilleure connaissance du travail animal.** Le premier type de résultats, relativement fondamental, porte sur les caractéristiques et les facteurs de variation du travail animal (intensité de l'effort ; climat). En fonction de l'environnement du travail ils précisent :

- ♦ les capacités mécaniques de travail des trois espèces animales étudiées ; évaluation des termes de bilan du travail (durée et vitesse moyenne, dépense énergétique) et des plages d'efficacité maximum pour chaque individu ;
- ♦ le comportement à l'effort des animaux ; mécanismes mis en jeu et adaptations de leur organisme (métabolisme énergétique, thermorégulation, récupération) pour produire un effort de longue durée ; des facteurs limitants de l'effort ont été recherchés (chaîne de l'oxygène, hyperthermie) et les manifestations de la fatigue ont été caractérisées par le profil des variations de la fréquence cardiaque lors de la récupération.

**Innovations pratiques pour le développement.** Le second type de résultats est finalisé pour le développement. Il s'agit d'une transcription des résultats fondamentaux en un référentiel utilisable pour le développement, composé de plusieurs éléments :

- ♦ zonage agro-écologique : réduction de la diversité des conditions agro-écologiques du Nord-Cameroun construit pour expliquer la diversification de la traction attelée et régionaliser les actions de recherche-développement ultérieures ;
- ♦ tables de performances au travail des espèces animales : abaques destinées à optimiser l'adéquation entre l'animal et l'outil selon l'intensité de l'effort requis et la capacité de traction de tel ou tel attelage ;
- ♦ indicateurs biologiques : critères simples permettant d'évaluer la capacité de récupération et la fatigue de l'animal ; son stress thermique et l'intensité de l'effort qu'il produit.

## **2. Diversité de la traction animale dans le Nord-Cameroun**

### **2.1. Objectif**

Depuis une dizaine d'années on constate, dans le Nord-Cameroun, une diversification des animaux de trait. Quelle est l'origine de ce phénomène ? Est-il dépendant de l'environnement agro-écologique ? Lorsqu'un paysan acquiert un attelage, quels sont les critères stratégiques (liés à l'investissement) et les critères tactiques (liés à l'entretien et à l'utilisation) pouvant déterminer son choix ?

Pour analyser finement l'extension actuelle de la traction animale nous avons procédé à une étude bibliographique approfondie complétée par de nombreuses investigations en milieu paysan afin de : régionaliser les contraintes ayant un impact sur la diffusion de la traction animale en réalisant un zonage agro-écologique du Nord-Cameroun ; caractériser les exploitations agricoles familiales équipées d'attelages ; et décrire les pratiques d'élevage et d'utilisation des animaux de trait.

### **2.2. Méthode**

**Des enquêtes et des suivis d'exploitations**, conduits à plusieurs échelles (bassin cotonnier, sous régions, villages) et à plusieurs niveaux d'observations (système de production, animal), nous ont renseigné sur :

- la diversité de la place et de l'utilisation de la traction animale dans les exploitations ; et leurs composantes structurelles (assolement, cheptel, force de travail, etc.) ;
- les pratiques d'élevage et d'utilisation des animaux de trait :
  - conduite (dressage, alimentation, santé) ;
  - exploitation (traction, transport, fumure) ;
  - renouvellement (gestion des carrières).

Trois types d'enquêtes et de suivis ont été menés sur environ 300 exploitations (Vall 1992, Cardinale 1994, Ebangué et al. 1995) :

- ◆ traction bovine (190 enquêtes ; 60 suivis) ;
- ◆ traction asine (30 enquêtes) ;
- ◆ traction équine (15 enquêtes ; 15 suivis ; 100 diagnostics santé).

### **2.3. Résultats**

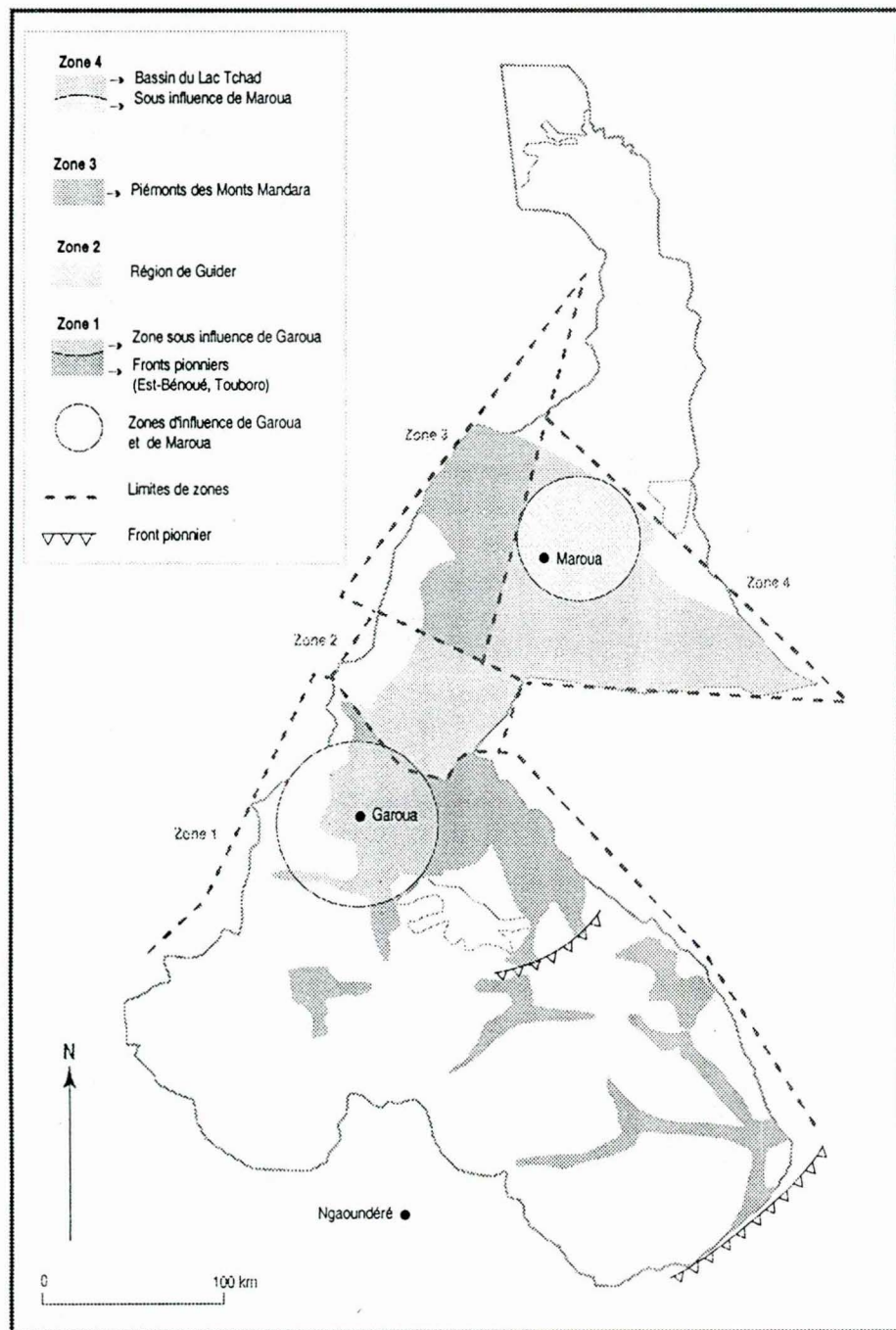
#### **2.3.1. Zonage agro-écologique**

Nous avons distingué quatre zones agro-écologiques (planche 2a et tableau 1) :

① **zone Sud** : *Bénoué (Garoua), Mayo Rey (Toubo, Tcholliré), Faro (Poli)*. Dans cette zone, la pression foncière est faible ( $< 10 \text{ hab./km}^2$ ), en dehors de la périphérie de Garoua (ville Foulbé ;  $> 50 \text{ hab./km}^2$ ). C'est pourquoi la dimension des surfaces cultivées est plus importante qu'ailleurs. Cette zone se caractérise aussi par la présence de nombreux fronts pionniers au Sud, le long des axes de pénétration percés par les sociétés de développement.



# ZONES AGRO-ECOLOGIQUES DE DEVELOPPEMENT DE LA TRACTION ANIMALE



# SITUATION DE LA TRACTION BOVINE EN 1995

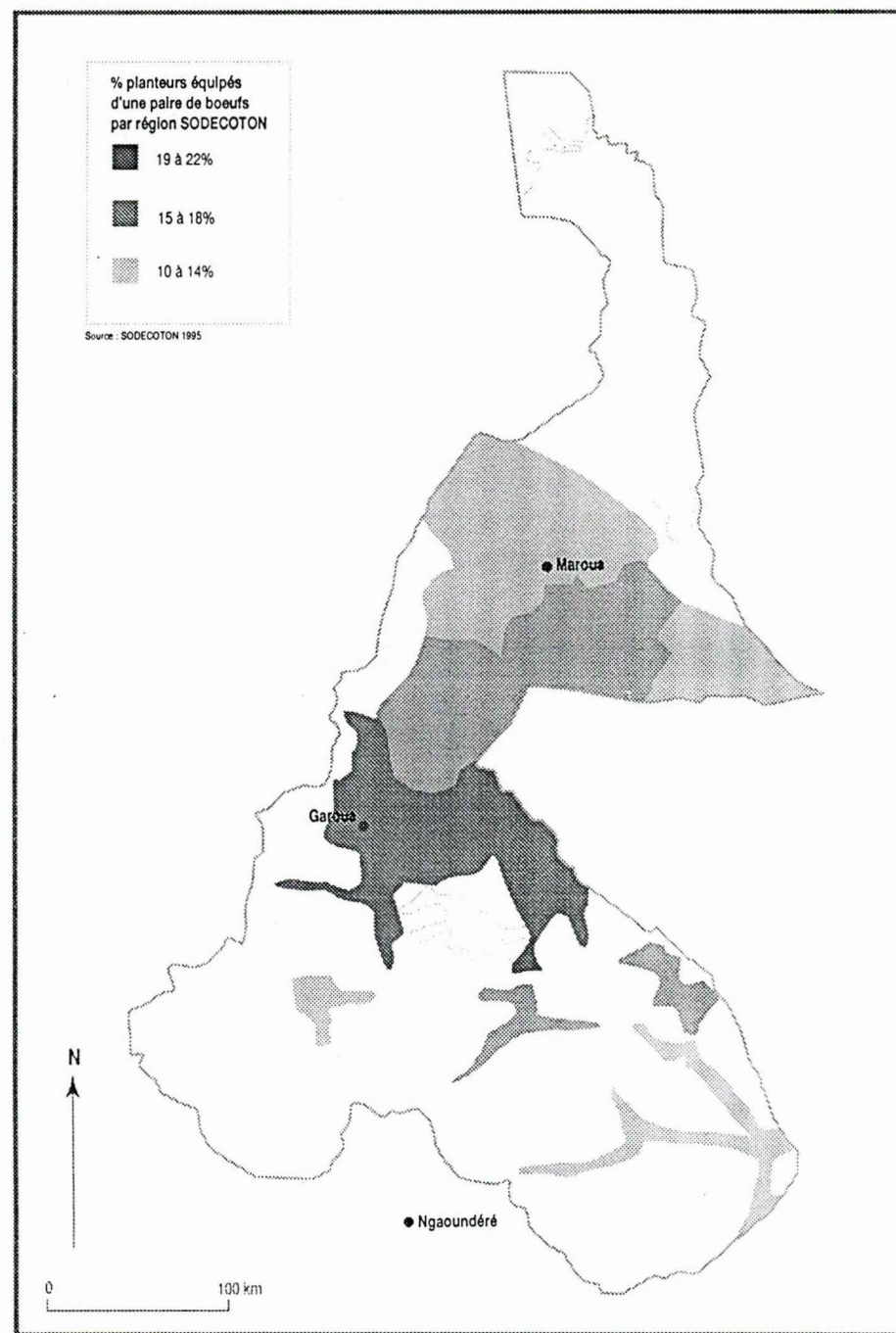
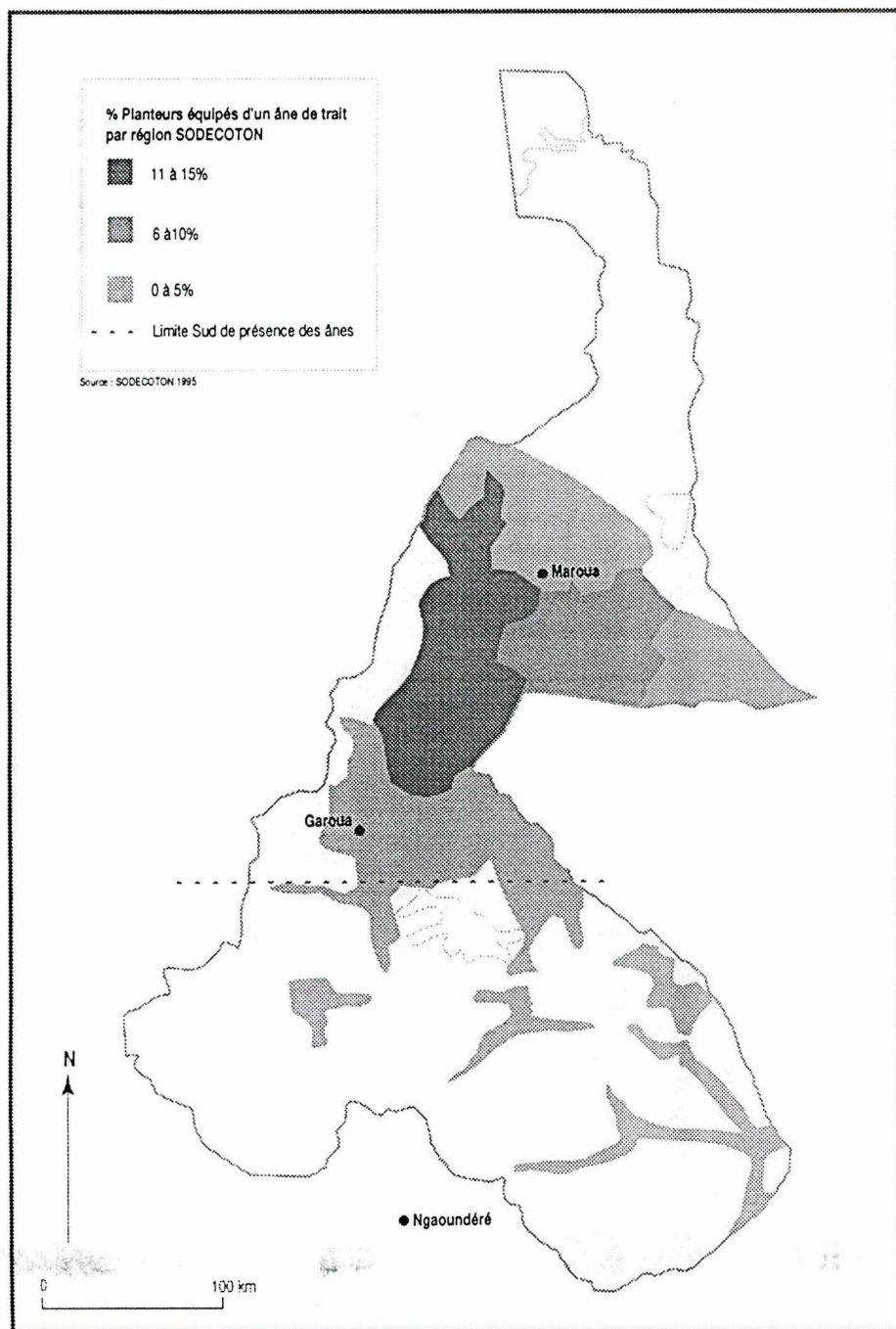


Planche 2a

## SITUATION DE LA TRACTION ASINE EN 1995



## SITUATION DE LA TRACTION EQUINE EN 1995

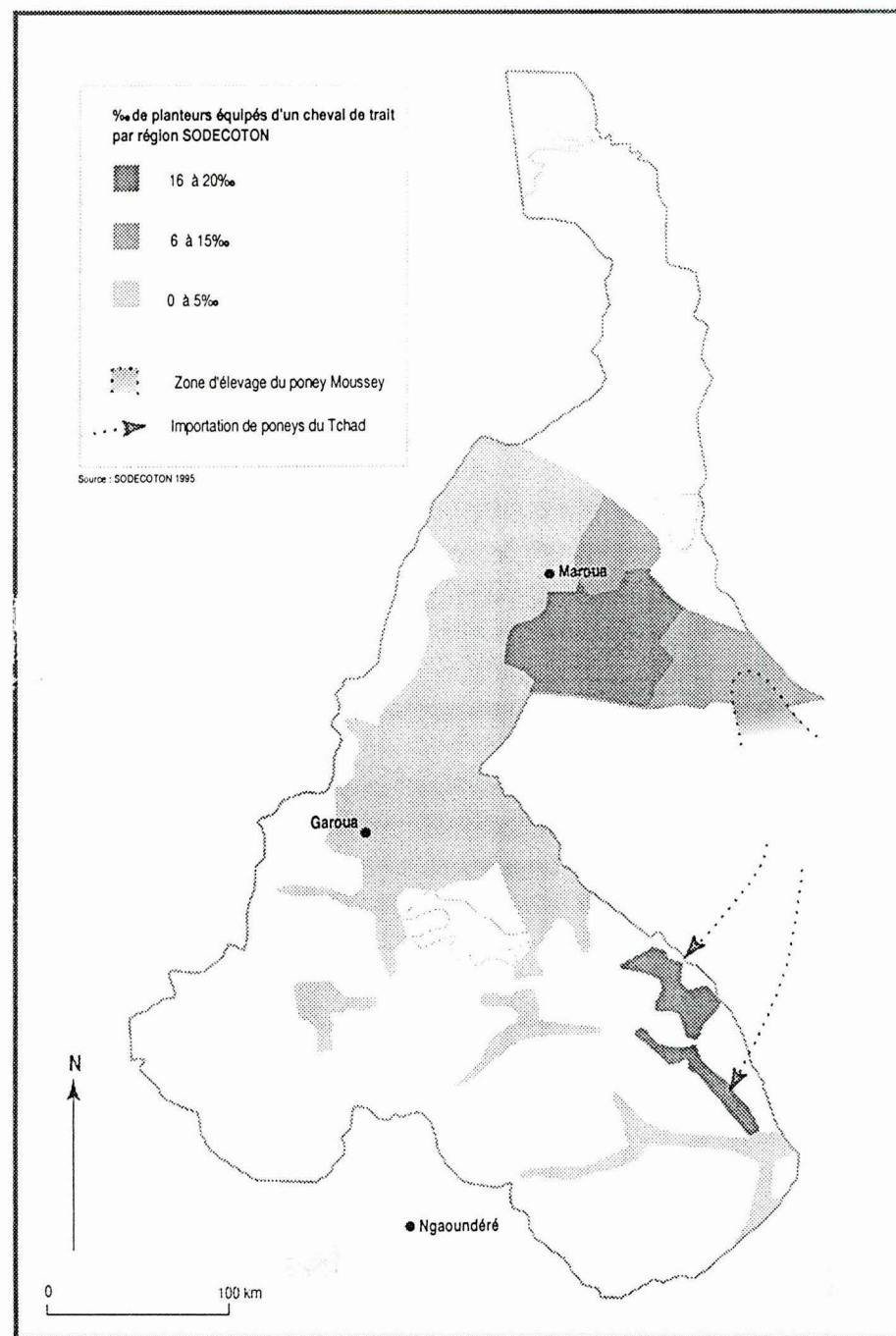


Planche 2b



Tableau 1. Diversité des systèmes de production et diversité de la culture attelée par zone agro-écologique dans le Nord-Cameroun

| Zones | Départements                         | Ethnies dominantes                                      | Systèmes de culture                  | part assolement            | Systèmes d'élevage | têtes / exploitation | % planteurs TBV | % planteurs TAS | % planteurs TEQ | Contraintes au Développement de la culture attelée  |
|-------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| 1     | Mayo Rey Faro                        | Mboum<br>Dourou, Lakka<br>Migrants (*)<br>Doayo         | Coton<br>Maïs                        | 30 à 40 % +<br>15 à 25 % + | Bovins<br>PTR      | 2<br>8               | 10 à 18 %       | 0 à 5 %         | 1 à 2 %         | Zone peu saturée, occupation des terres récente<br>Mortalité importante des animaux liée à la trypanosomose<br>Déterioration des charues légères T20 et T27 sur les souches<br>Les charues légères et la traction asine sont inefficaces sur les parcelles rapidement enherbées |
| 1     | Bénoué                               | Foulbé<br>Migrants (*)                                  | Coton<br>Maïs                        | 30 à 40 %<br>15 à 25 %     | Bovins<br>PTR      | 3<br>10              | 19 à 22 %       | 0 à 10 %        | —               | Zone Est-Bénoué peu saturée ; Espace saturé autour de Garoua<br>Les migrants ont souvent des moyens financiers très modestes pour investir dans un équipement en traction bovine  |
| 2     | Mayo Louti                           | Guidar<br>Daba<br>Migrants                              | Coton<br>Arachide                    | 30 à 40 %<br>20 à 25 %     | Bovins<br>PTR      | 5<br>15              | 15 à 18 %       | 11 à 15 %       | —               | Zone moyennement saturée, avec beaucoup de petites exploitations<br>Bon développement de la traction bovine (à l'Ouest) et asine (à l'Est)<br>Transport attelée peu développé en raison du relief   |
| 3     | Mayo Tsanaga<br>Diamaré<br>Mayo Sava | Mofou, Hina<br>Guiziga, Daba<br>Mafa, Mada<br>Mouyengué | Coton<br>Sorgho<br><i>Muskuwaari</i> | 15 à 20 %<br>40 %<br>20 %  | Bovins<br>PTR      | 4<br>11              | 10 à 18 %       | 11 à 15 %       | —               | Zone moyennement à fortement saturée<br>Zone de piémonts caillouteux et de plaines à karals (vertisols)<br>Traction asine bien développée et adaptée au relief<br>Traction bovine bien développée par endroit (plaine de Koza)  |
| 4     | Diamaré                              | Foulbé<br>Bornouan                                      | Coton<br><i>Muskuwaari</i>           | 15 à 20 %<br>40 % +        | Bovins<br>PTR      | 9<br>11              | 10 à 18 %       | 0 à 10 %        | 1 à 2 %         | Culture cotonnière peu développée, terres à muskuwaari (karals) très recherchées<br>Développement de la traction équine (poney Moussey)<br>Problèmes d'alimentation et d'abreuvement en saison sèche  |
| 4     | Kaélé<br>Mayo Danay                  | Moundang<br>Toupouri<br>Massa<br>Moussey                | Coton<br><i>Muskuwaari</i>           | 15 à 20 %<br>40 % +        | Bovins<br>PTR      | 10<br>22             | 10 à 18 %       | 0 à 10 %        | 1 %             | Zone moyennement à fortement saturée, occupation ancienne des terres<br>Elevage bien développé par endroit et culture attelée ancienne<br>Problèmes d'alimentation et d'abreuvement en saison sèche   |

**Légende :**

(\*) : Principalement originaires de l'Extrême Nord

PTR : Petits Ruminants

TBV : équipés d'un attelage bovin

TAS : équipés d'un attelage asin

TEQ : équipés d'un attelage équin



Dans ces secteurs, les paysans exploitent le "capital fertilité" des terrains défrichés (Dugué et Dounias 1995). Les souches causent des détériorations fréquentes sur le matériel de culture attelée, notamment sur les modèles légers. La pluviométrie n'est pas limitante (900 à 1200 mm/an) et autorise une diversification importante de l'agriculture. Le coton et le maïs, principales spéculations concernées par la culture attelée, dominent l'assolement des exploitations (plus de 50 %). L'enherbement des parcelles est aussi vigoureux ce qui rend la puissance de traction nécessaire plus importante qu'ailleurs. Pour toutes ces raisons, dans cette zone, la traction bovine est particulièrement bien développée (20 % des planteurs possèdent une paire de boeufs). Cependant, dans sa partie méridionale, les conditions sanitaires sont défavorables à l'élevage (trypanosomose au Sud de la ligne Poli-Tcholliré). Ceci explique le faible développement de la traction attelée sur les fronts pionniers auquel s'ajoutent les capacités financières limitées des migrants, en moyenne plus pauvres que les autochtones.

② **zone de transition : Mayo Louti (Guider).** Dans cette zone, la densité de population est moyenne à forte (30 à 80 hab./km<sup>2</sup>). Peu de terres sont disponibles et les exploitations sont en moyenne de petite taille. Ceci limite la force de traction nécessaire sur l'exploitation. Les terrains sont souvent accidentés et les sols gravillonnaires. Sur ces terres la progression est facilitée avec des petits attelages, plus maniables. La pluviométrie devient limitante à l'Est des massifs montagneux (moins de 900 mm/an) et les sols sont moins fertiles que dans la zone précédente. Ceci explique la disparition du maïs et une présence moins forte du coton dans les assolements, donc une culture attelée moins pratiquée. Les légumineuses occupent une grande part des assolements mais sont cultivées manuellement. La traction attelée se caractérise par deux traits dominants : une forte implantation de la traction asine à l'Est de cette zone qui concentre environ 30 % de l'effectif asin de trait de la zone cotonnière (11 à 15 % des planteurs sont équipés d'un attelage asin) ; un sous-développement très marqué du transport attelé (1 charrette pour 100 charrues), conséquence d'une voirie très insuffisante. Dans les montagnes situées à l'Ouest de cette zone, la présence de pâturage facilite l'élevage bovin. La traction bovine est d'ailleurs plus développée dans les dépressions intra-massif mieux arrosées où la stratégie cotonnière est plus affichée.

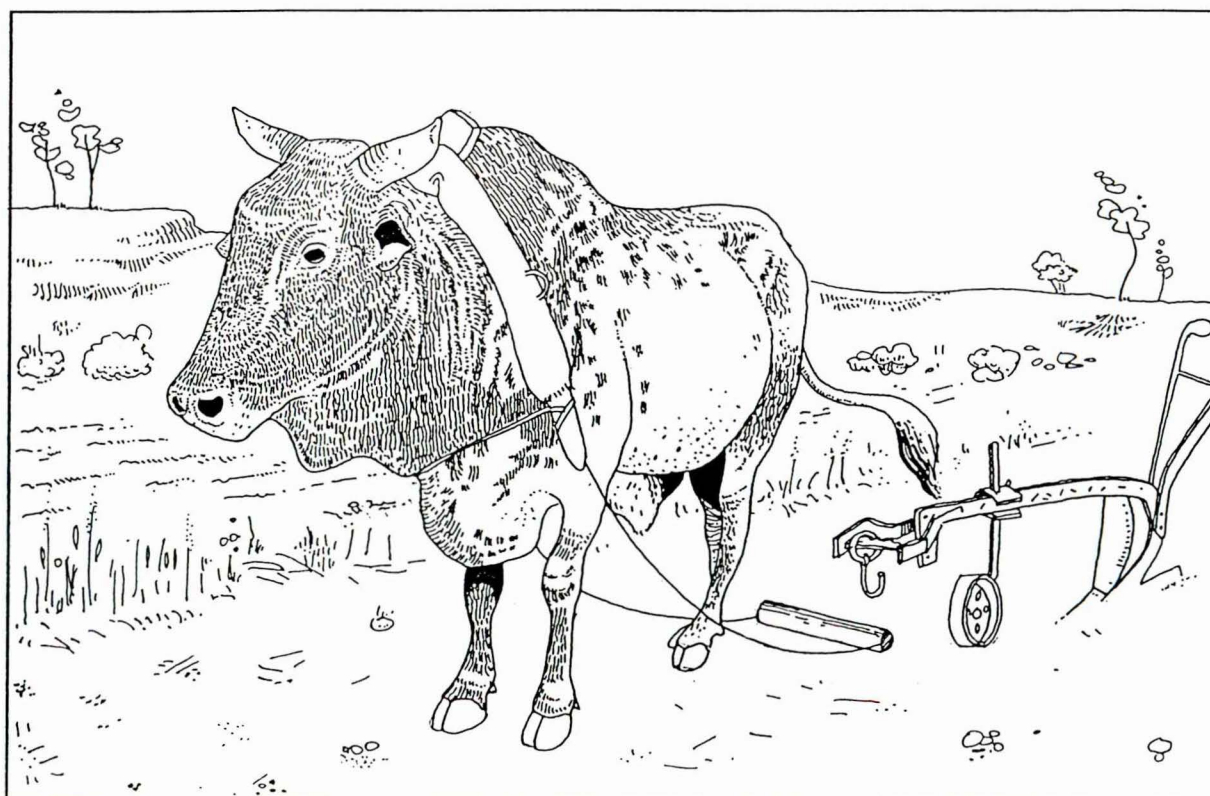
③ **piémonts des Mandara : Mayo Tsanaga (Mokolo), Mayo Sava (Mora).** Le relief de cette zone est également accidenté (massifs des Mandara). Ces montagnes sont bordées de piémonts sableux et gravillonnaires. Elles renferment aussi des dépressions intra-massif souvent bien arrosées en raison du relief avoisinant et plutôt fertiles (plaine de Koza). La marge orientale des piémonts présente de nombreux îlots de sols argileux (*karals*) et de sols sodiques stériles (*hardés*). Cette diversité de facteurs physiques, spatialement très variable, explique que d'un terroir à l'autre la puissance de traction nécessaire puisse changer du tout au tout selon la topographie et la nature des sols. La densité de population est en moyenne forte, voire très forte (pays Mafa), avec un gradient positif allant du Sud vers le Nord (de 50 à plus de 150 hab./km<sup>2</sup>). Cette situation laisse très peu de terres disponibles. Elle a conduit à la formation de très nombreuses petites exploitations qui ont un besoin de force de traction par conséquent limité. La pluviométrie assez abondante à proximité des massifs (de 800 à 1000 mm/an), devient vite limitante dès que l'on s'en éloigne, notamment en direction de la partie septentrionale de la zone. Ainsi, la culture du coton est bien développée dans les zones arrosées et les dépressions intra-massif, mais recule rapidement dès que l'on s'éloigne des hauteurs ce qui réduit d'autant le besoin de force de traction. Les assolements se caractérisent par une forte présence de l'arachide et des céréales traditionnelles (sorgho et mils). L'élevage bovin sédentaire est limité dans les zones où l'espace est saturé. Comme dans le cas de la zone précédente, c'est aussi une zone très contrastée pour la traction attelée.



Figure 4a. Zébu Bororo



Figure 4b. Zébu Goudali





Elle se caractérise par une forte implantation de la traction asine (environ 40 % des attelages asins du bassin cotonnier se trouvent dans cette zone) avec par endroit des zones de développement important de la traction bovine et du coton (plaine de Koza).

④ **bassin du Lac Tchad** : *Diamaré (Maroua), Kaélé (Kaélé), Mayo Danay (Yagoua)*. Cette zone est une vaste plaine bordée au Nord-Est par des terres inondables propices au pâturage en saison sèche (*yaéré*). Elle est couverte par une steppe à épineux. La pédologie est complexe. Elle est marquée par une prédominance des sols sablonneux et par la présence de vertisols (*karals*), de sols ferrugineux tropicaux et de sols stériles (*hardés*). C'est une zone de peuplement ancien, moyennement à fortement saturé (50 hab./km<sup>2</sup> à l'Ouest : Maroua ville Foulbé, pays Guiziga et Moundang ; à plus de 150 hab./km<sup>2</sup> au Sud et à l'Est : pays Toupouri, Massa et Mousgoum). La pluviométrie est faible, aléatoire et souvent limitante (600 à 800 mm/an). C'est le facteur physique le plus contraignant de cette zone. Il réduit les possibilités de diversification agricole et notamment la culture cotonnière. Dans les exploitations, la culture des céréales traditionnelles domine. Par endroits (plaine de Gazawa, environs de Kaélé), les terres à *Muskuwaari* sont recherchées et cette culture continue à se développer. L'élevage est fortement contraint par la sécheresse en saison sèche. L'abreuvement pose des problèmes par manque de points d'eau. L'utilisation de mares communes favorise la diffusion des parasitoses hépatiques (douve) lors de la concentration des troupeaux. Les rendements agricoles en grain et en résidus sont plus faibles qu'ailleurs ce qui limite les possibilités d'affouragement et de complémentation en saison sèche. Depuis le début des années 1990, cette zone est marquée par un développement vigoureux de la traction équine. Ce phénomène a des origines historiques, l'élevage du cheval pour la monte par les Foulbé et celui du poney par les Marba-Moussey étant des activités anciennes. Il correspond également aux conditions du milieu caractérisées par une courte et aléatoire période d'installation des cultures. Le cheval travaille rapidement et offre une puissance de traction suffisante sur des terrains sablonneux. En pays Toupouri, la traction bovine domine et la conduite des animaux semble y être plus soignée qu'ailleurs.

### 2.3.2. Animaux : effectifs, localisation et caractéristiques

**Valorisation de la biodiversité.** La diversification des espèces animales de traction dans le Nord-Cameroun s'étend aujourd'hui sur une large gamme de types locaux et de types résultant de métissages. Ceci se traduit par une nouvelle distribution des espèces animales de traction dans le Nord-Cameroun (planche 2a et 2b).

**Traction bovine.** La SODECOTON dénombrait en 1995 environ 37.000 attelages bovins, inégalement répartis selon les régions (planches 2a). La traction bovine est particulièrement bien développée dans les régions de Garoua-Est, Garoua-Ouest et de Guider en raison de l'importance du coton et du maïs, mais aussi dans la région de Kaélé chez les Toupouri (environ 15 à 20 % des planteurs sont équipés d'attelages bovins). La race la plus employée pour la traction est le zébu White Fulani (appelé localement zébu Bororo Akou : blanc à muqueuses noires ; figure 4a) et secondairement le zébu Red Bororo (zébu Bororo Djafoun : robe acajou). Adultes, les mâles mesurent 150 à 160 cm au garrot et pèsent entre 350 et 500 kg. D'autres races sont aussi employées pour la traction : le zébu Goudali de l'Adamaoua (à cornes moyenne, plus massif et plus calme, 550 kg à l'âge adulte ; figure 4b) ; le zébu Arabe Choa (à cornes courtes) ; des types locaux tels que le zébu Bokolo (à cornes moyennes) et le zébu Tchadien (à robe pie). Avec un cheptel d'environ 1.700.000 têtes, l'approvisionnement en bovins de trait ne pose pas de problème dans le Nord-Cameroun. Les boeufs peuvent être achetés sur les marchés (Bogo, Maroua, Adoumri, Ngong...) ou chez les éleveurs. En 1995, un jeune bovin coûtait près de 100.000 CFA.



Figure 5. Anes du Nord-Cameroun (région de Guider)

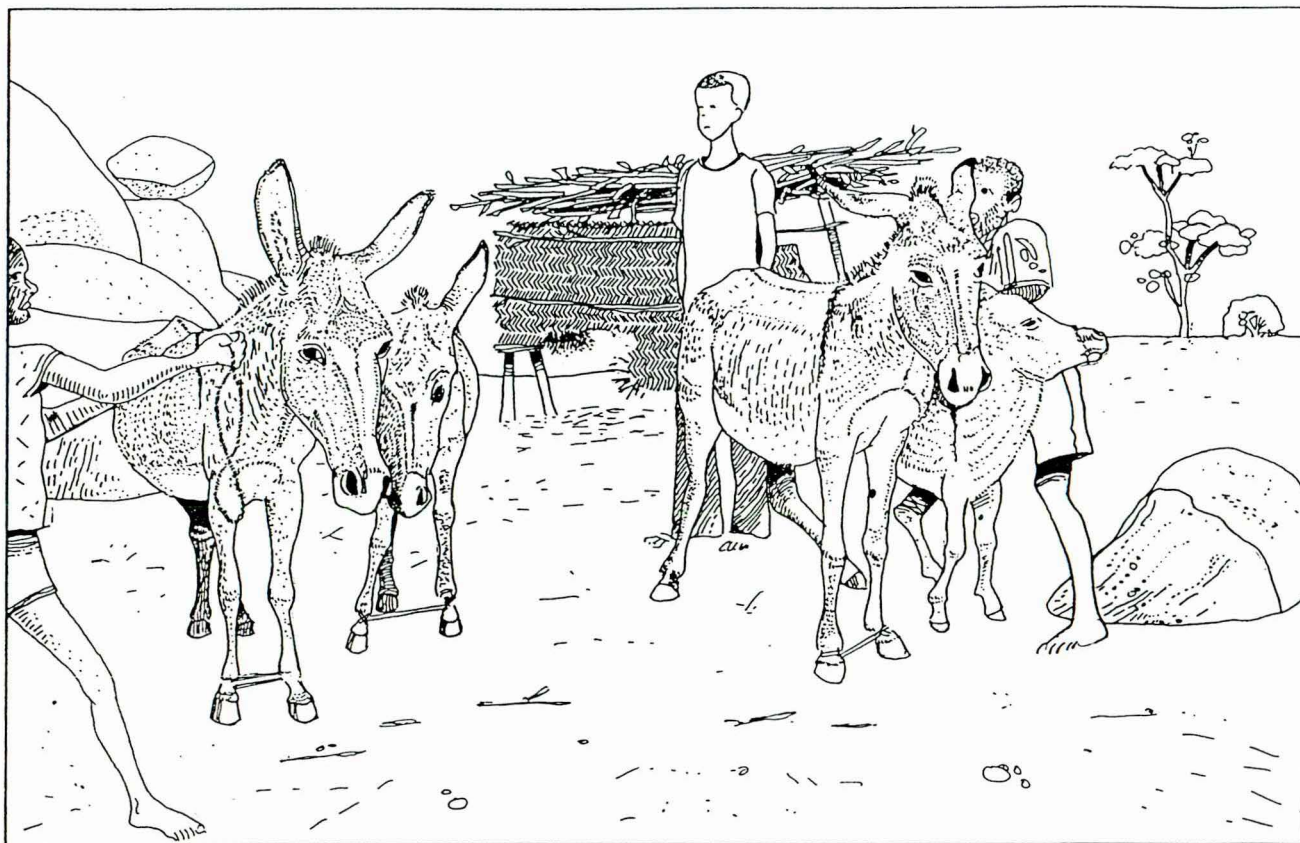


Figure 6a. Cheval Dongolaw

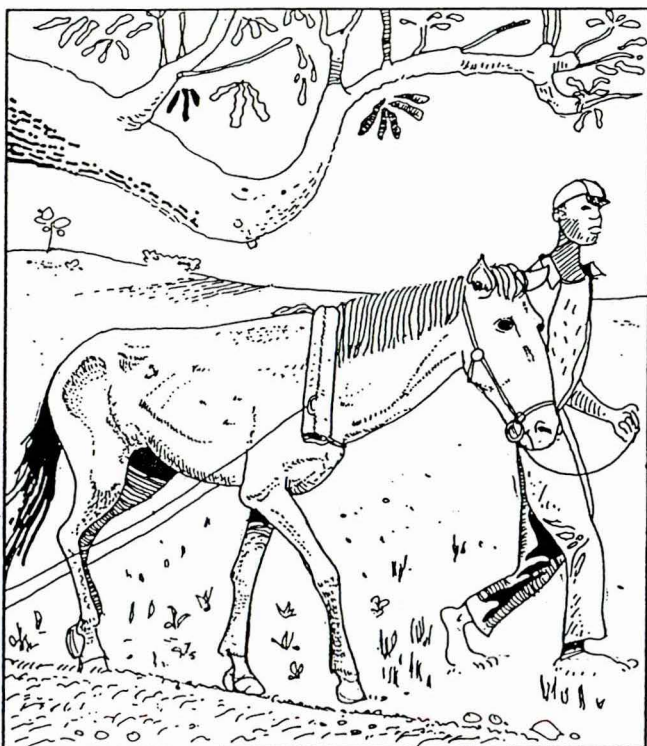
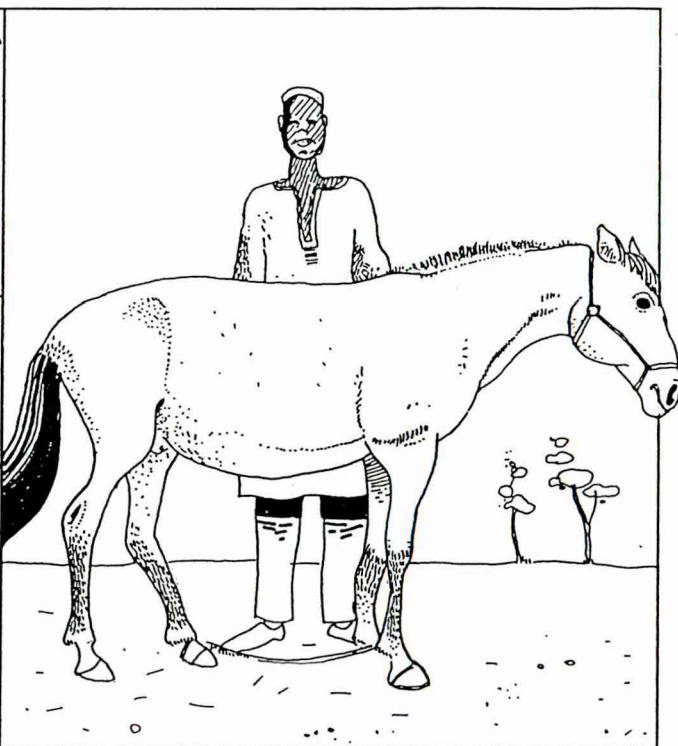


Figure 6b. Poney Moussey





**Traction asine.** Les ânes du Nord-Cameroun sont petits : 100 cm au garrot ; 100 à 150 kg de poids vif (figure 5). En 1995, l'effectif des ânes de trait, était estimé par la SODECOTON à 14.000 unités environ et leur prix était compris entre 10.000 et 20.000 CFA. La traction asine est très fortement implantée dans les régions de Guider et de Maroua-Sud qui concentrent près de 70 % des attelages (planche 2b). Dans ces régions, 11 à 15 % des planteurs sont équipés en traction asine et aujourd'hui cette expansion se poursuit. Ailleurs, la traction asine est beaucoup moins développée. Au Sud de Garoua, elle est absente pour des raisons sanitaires (trypanosomose), mais aussi techniques (enherbement).

**Traction équine.** Le Nord-Cameroun est une région d'élevage traditionnel du cheval. On distingue trois races de grands chevaux : Dongolaw, Barbe et Arabe (250 à 300 kg de poids vif ; 140 à 150 cm de hauteur au garrot ; figure 6a). L'effectif s'élève à environ 8.000 individus. Le cheval préféré pour l'attelage est le poney Moussey (ou poney du Logone ; figure 6b), plus léger (200 à 250 kg) et plus petit (120 cm de hauteur au garrot). Il était élevé à l'origine pour la guerre et la chasse par les Marba-Moussey (Seignobos et al. 1987). Il y a quelques années encore, le cheval était très peu utilisé pour le travail. En 1990, le nombre des attelages équins était voisin de 500. En 1995, il est estimé par la SODECOTON à 2.000. Dans la région de Kaélé et dans quelques secteurs des régions de Maroua Sud et de Tchatiballi la traction équine n'est plus anecdotique puisqu'elle équipe environ 1.300 planteurs (planche 2b). Depuis 1992, le cheval de trait a fait son apparition dans les secteurs migrants de la région de Touboro malgré la trypanosomose. Les planteurs découragés par la mortalité importante du bétail de trait préfèrent employer des attelages de puissance inférieure à une petite paire de boeufs, mais cependant moins coûteux à l'achat (30.000 à 50.000 CFA pour un poney) ce qui réduit leurs pertes en cas de mort du cheval.

### 2.3.3. Pratiques : élevage et utilisation

L'extension de la traction animale s'est accompagnée d'une diversification des pratiques d'élevage selon les conditions agro-écologiques. Elles ont cependant un caractère commun : le recours au minimum d'intrants pour leur mise en oeuvre parce que les attelages sont très largement sous-utilisés (30 jours/an dans le meilleur des cas).

**Alimentation ; santé.** Le pâturage est permanent. C'est la ressource alimentaire principale. L'affouragement en sec se développe peu en raison du sous-développement du transport et la distribution de concentrés reste limitée vu son coût et l'insuffisance des stocks. Au Nord du bassin cotonnier, les ressources alimentaires naturelles de saison sèche sont rares. Au Sud, elles sont plus abondantes mais de médiocre qualité. Cette asymétrie entre le Nord et le Sud se retrouve au niveau de la santé animale. Dans le Sud du bassin cotonnier, le mode de vie sédentaire des animaux de trait est responsable d'une mortalité élevée du bétail de trait qui, contrairement aux troupeaux transhumants, ne quitte pas la zone en saison des pluies, lors de la recrudescence des parasitoses (trypanosomose, dermatophilose). Les mesures sanitaires préventives et curatives s'avèrent hors de portée des moyens financiers des éleveurs. La finition sommaire des harnais aggrave les plaies provoquées par la dermatophilose.

**Choix du sexe ; dressage ; modes d'attelage.** Les paysans du Nord-Cameroun choisissent presque exclusivement des mâles pour la traction bovine comme pour la traction équine. Le nombre des vaches de traction est marginal (1.400 en 1995). Le dressage des bovins est souvent pratiqué à l'âge de 3 ou 4 ans. Il est rudimentaire et de courte durée (moins de 1 semaine). Il semble être plus long et plus soigné chez les paysans Toupouri. La tolérance au harnais et l'apprentissage de la traction d'un outil sont très rapidement acquis chez un poney débourré et apparemment immédiats chez un âne. Les harnais sont souvent de fabrication



artisanale (joug double de garrot ; bricole). La traction bovine s'effectue avec des paires de bovins et la traction équine avec des attelages individuels à de rares exceptions près (140 paires d'ânes). Les paysans compensent le manque de puissance des ânes en effectuant des rotations de travail sur deux individus (un âne travaille, l'autre se repose).

**Carrière.** Dans la majorité des cas, les animaux de trait sont achetés au comptant avec l'argent du coton. Parfois, la réforme d'un attelage permet le financement des remplaçants. Celle-ci intervient souvent au terme de 4 années de travail. Mais les sorties prématurées (vol, mort, etc.) sont loin d'être des faits isolés. Ces accidents découragent parfois les propriétaires qui misent sur des prix de réforme élevés. Les paysans prolongent l'activité des ânes et des chevaux sur une période beaucoup plus longue, jusqu'à ce que ces derniers soient jugés trop vieux pour travailler. L'absence de possibilité de vente à la réforme des ânes incite certains paysans à choisir des ânesses pour le travail et le renouvellement de leur attelage.

**Activité annuelle.** La durée annuelle de l'activité d'un attelage est courte et elle diminue du Sud vers le Nord du bassin cotonnier en raison du recul du coton et de la disparition du maïs. Elle passerait ainsi de 30 jours/an au Sud (dans les environs de Garoua) à 15 jours/an au Nord du bassin cotonnier. L'utilisation modérée des attelages sur les exploitations peut être compensée par la pratique de travaux d'entreprise (1 à 2 ha/an/attelage), surtout dans les zones où le taux d'équipement est faible (Touboro). Cette activité peut être rétribuée par de l'argent (10 à 15.000 CFA/ha de labour voire davantage), ou bien par des échanges de services.

#### 2.3.4. Conclusion de l'étude systémique

L'extension vigoureuse de la traction asine et équine et la relative stagnation de la traction bovine depuis 1990 s'interprètent par l'avantage comparatif des équidés en termes de coûts d'équipement. En effet, un attelage de base (animal + charrue) coûte environ : 70.000 CFA en traction asine ; 120.000 CFA en traction équine ; 200.000 CFA au minimum en traction bovine (avec une paire de boeufs). Le choix du type d'attelage dépend donc de la surface de l'exploitation et notamment de la sole cotonnière (et maïsière le cas échéant) mais aussi de la capacité financière de l'agriculteur. Il existe, de plus, trois types de critères agro-écologiques et sociaux essentiels qui jouent sur le développement de telle ou telle espèce animale de trait dans les zones identifiées :

- ◆ les contraintes liées à l'utilisation des attelages (relief, pierrosité des sols, présence de souches, vigueur de l'enherbement) ;
- ◆ les contraintes liées à l'élevage des animaux de trait (santé, alimentation) ;
- ◆ la connaissance des pratiques d'élevage qui dépend souvent de l'appartenance ethnique et s'exprime par des préférences (par exemple : Foulbé, Bornouan et traction équine ; Toupouri et traction bovine ; Mofou et traction asine ; etc.).

L'essor spontané de la traction asine et surtout équine, distingue ces innovations du schéma normatif mis en oeuvre depuis les années 1950 par les sociétés cotonnières pour le développement de la traction bovine. Sur le terrain, cette dynamique de diversification de la traction animale résulte de l'initiative des agriculteurs. Ce phénomène apparaît aller dans le sens d'un processus de développement dans la mesure où il accroît la gamme des équipements possibles. Cependant, quelle que soit la stratégie adoptée par les paysans, l'activité des attelages se limite à la période des cultures en dehors des exploitations équipées de charrettes. Cette situation limite la rentabilité globale et l'efficacité au travail des attelages.

### 3. Efficacité à l'effort du zébu, de l'âne et du cheval

#### 3.1. Objectif

Dans le Nord-Cameroun, l'exploitation des attelages est faible. Cette situation pourrait être améliorée en fondant les stratégies de développement de la traction animale sur une meilleure connaissance des caractéristiques et des facteurs de variation du travail attelé. A l'aide de cette connaissance il est envisageable :

- de réduire la part d'empirisme lors du choix d'un attelage, afin d'optimiser l'adéquation entre l'animal et l'outil, ce qui suppose une connaissance assez fine de la capacité physique des espèces pour le travail (force, vitesse, durée, dépense énergétique) ;
- d'améliorer la gestion de l'effort sur la durée (dosage de l'intensité du travail, appréciation de la fatigue) ce qui suppose une bonne connaissance de la biologie de l'effort de traction.

Pour traiter ces questions, une approche expérimentale nous a semblé être la mieux adaptée. Nous l'avons orienté sur l'évaluation de l'efficacité technique de l'effort de traction chez le zébu, l'âne et le cheval. L'effort de traction est un exercice musculaire particulier (figure 7). D'intensité, le plus souvent, moyenne, il commence par un échauffement de quelques minutes et se poursuit généralement sur une longue durée. L'animal manifeste sa fatigue, d'abord, en modifiant son comportement (ralentissement, énervement, etc.), puis en s'arrêtant définitivement.

Pour chaque espèce, l'appréciation de l'efficacité au travail a été engagée sur deux terrains :

- ♦ **une étude mécanique** : évaluation des termes de bilan du travail animal (durée, vitesse moyenne et dépense énergétique) par intégration des paramètres instantanés de l'effort (pour différentes forces de traction et des individus de gabarits différents) ;
- ♦ **une étude biologique** : analyse du comportement et des adaptations physiologiques de l'organisme à l'effort en fonction de l'environnement de travail.

Figure 7. Schématisation du cycle de l'effort en traction attelée. "Position" de l'étude mécanique et de l'étude biologique (F : force de traction ; v : vitesse ; d : durée ; DE : dépense énergétique ; ti : instant i).

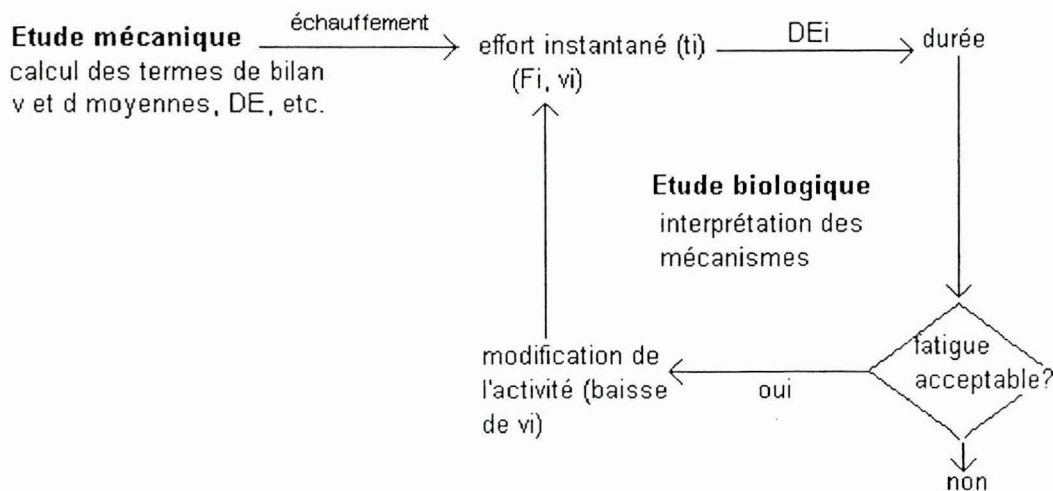




Figure 8a. Chaîne de mesure informatisée CIRAD-SAR : positionnement des capteurs

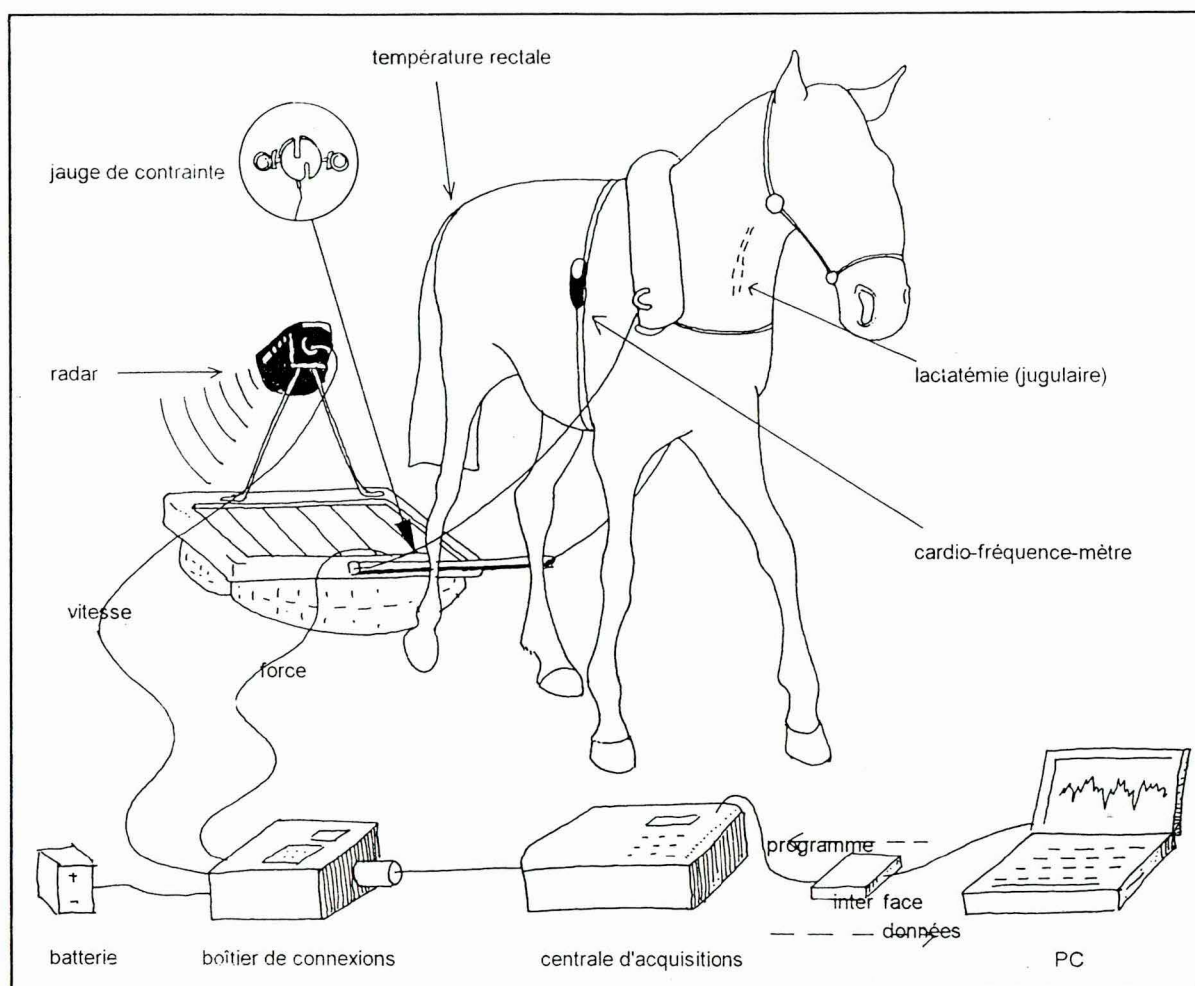
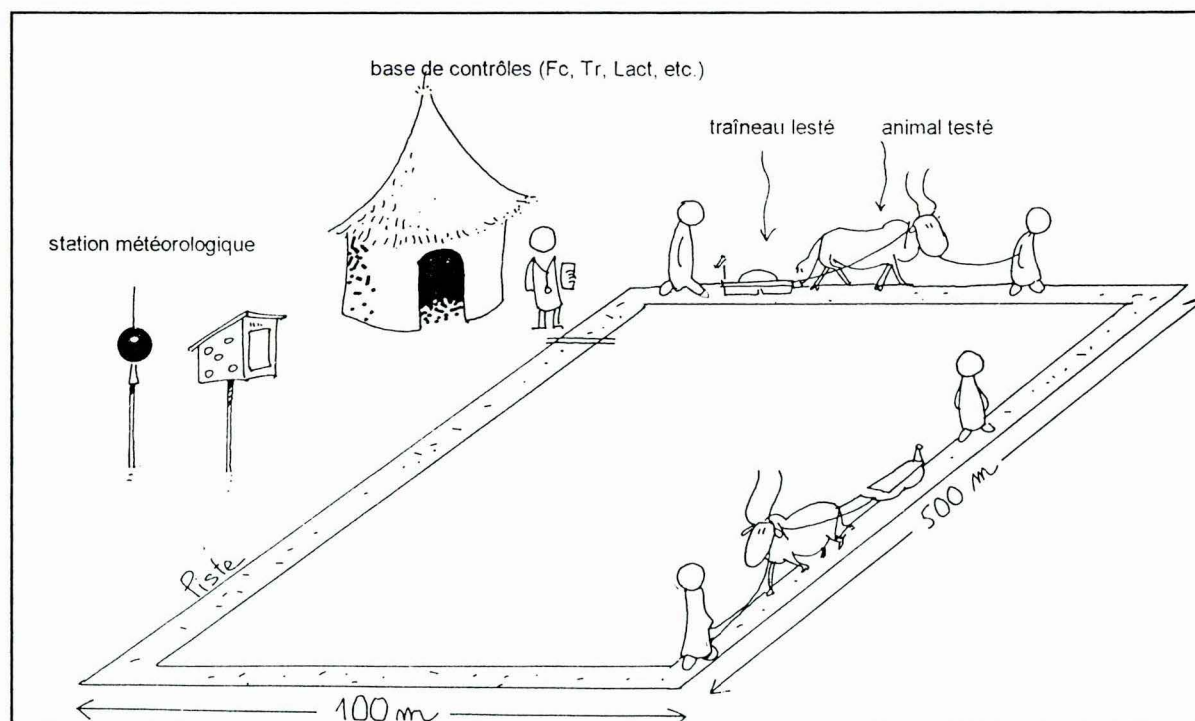


Figure 8b. Séance d'essai : schéma d'organisation



### 3.2. Méthode

Nous avons réalisé des séries d'expérimentations en station de 1993 à 1995 pour analyser l'évolution des paramètres mécaniques et biologiques de l'effort selon l'environnement de travail chez le zébu, l'âne et le cheval à l'aide de la chaîne de mesure du CIRAD (Gallet 1992).

**Chaîne de mesure informatisée du CIRAD (figure 8a).** La chaîne de mesure se compose d'une centrale d'acquisitions portable reliée à des capteurs placés sur l'attelage, via un boîtier de connexions. Ce boîtier, placé dans les mains de l'opérateur, lui permet de piloter la lecture (temps de scrutation 0,2 s) et l'enregistrement des données. A la fin d'une séance de travail les données sont transférées de la centrale vers un micro-ordinateur puis analysées. Les capteurs mécaniques et biologiques mesurent les paramètres suivants :

♦ sur le travail :

- la force de traction
- la vitesse d'avancement

♦ sur l'animal<sup>12</sup> :

- la fréquence cardiaque
- la température rectale
- la lactatémie

**Choix des animaux.** Nous avons travaillé avec : des zébus Goudali plus calmes que les Bororo ; des ânes mâles et femelles ; et des chevaux métisses Barbe-Dongolaw (disponibles à l'IRZV). Le nombre d'individus étudiés par espèce est réduit (5 ou 6) en raison des contraintes d'effectifs qui ne nous permettaient pas d'observer plus de deux attelages simultanément. Cet inconvénient a été contourné en répétant les observations en 1993, 1994 et 1995 (mêmes animaux, mêmes conditions). Le jour des essais les animaux étaient frais (3 jours de repos entre deux essais) et entraînés (2 à 3 entraînements de 2 h chaque semaine). Nous avons cherché à les maintenir dans un bon état corporel en soignant leur alimentation (couverture de leur besoin énergétique) et leur santé (déparasitages interne et externe réguliers). Ce standard est certes éloigné des conditions paysannes, mais il a l'avantage de minimiser les facteurs de confusion qui, conjugués à un effectif étudié limité, auraient gêné l'analyse des résultats.

**Choix des périodes d'essais.** Les mesures ont été faites en saison des pluies (de juin à septembre c'est la saison des cultures ; très forte hygrométrie : 100 % au lever du jour et au minimum 60 % à la mi-journée) et en saison sèche chaude (mars et avril à Garoua ; températures voisines de 30 °C au lever du soleil et souvent supérieures à 40 °C au zénith).

**Séance d'essai (figure 8b).** Afin d'obtenir des séries d'observations comparables nous avons imaginé un protocole simple (séance d'essai) pour suivre les performances des attelages au travail. Il s'agit d'une simulation de l'effort de traction sur une piste agricole. Au cours d'une séance d'essai, un animal de poids vif connu (PV) tire, autour d'une piste (1200 m), un traîneau lesté pour obtenir une force de traction (F) définie au préalable et maintenue constante tout au long de la séance (c'est-à-dire pour une durée allant de 30 min à 7 h selon la charge). Les opérateurs effectuent une saisie complète des paramètres à chaque tour de piste. Un arrêt de 3 ou 4 minutes à la fin du tour permet d'effectuer certains contrôles et quelques mesures (température rectale, relevés météorologiques, etc.). L'arrêt de la séance d'essai est décidé lorsque l'animal refuse de continuer. Les animaux étaient attelés de manière individuelle pour comparer les résultats entre espèces. Nous avons réalisé environ 120 séances d'essai équitablement réparties entre les espèces et les saisons.

<sup>12</sup> Les paramètres biologiques ont été mesurés par des appareillages indépendants de la chaîne de mesure.

Figure 9a. Allure des courbes de la distance parcourue et du travail de traction en fonction de la force de traction

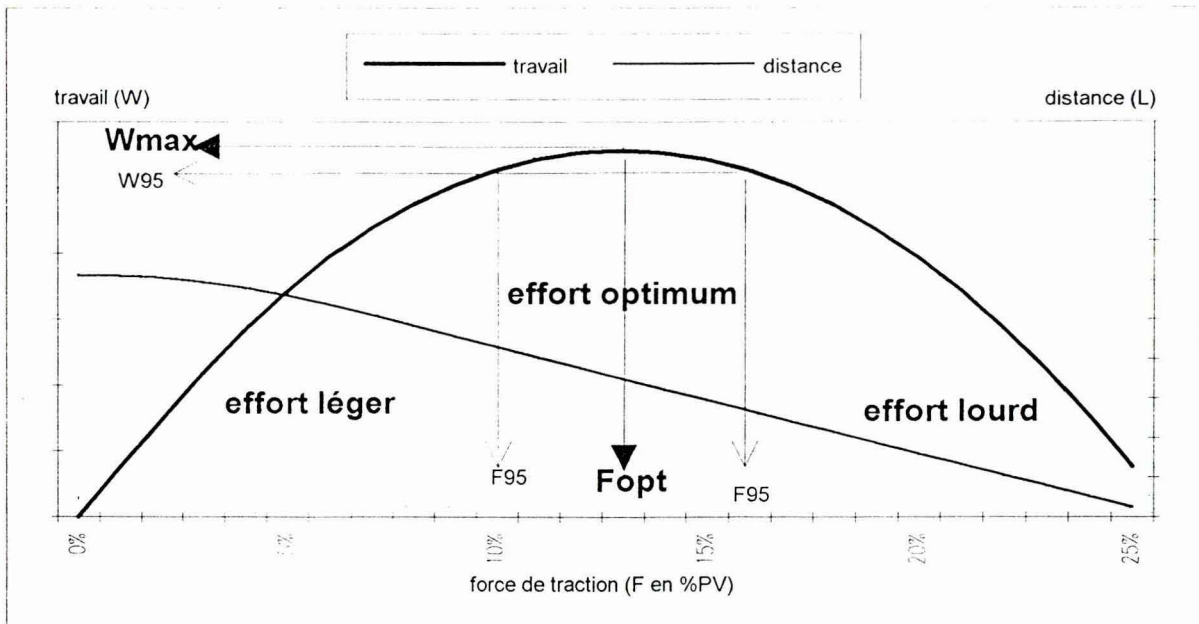


Figure 9b. Variations de la durée moyenne de travail des trois espèces en fonction de la force de traction

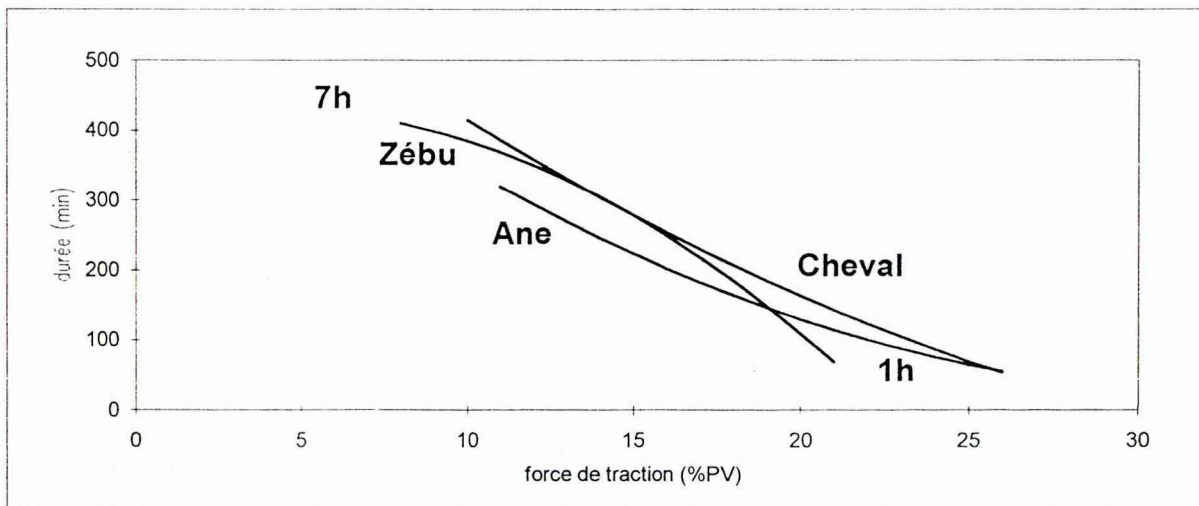
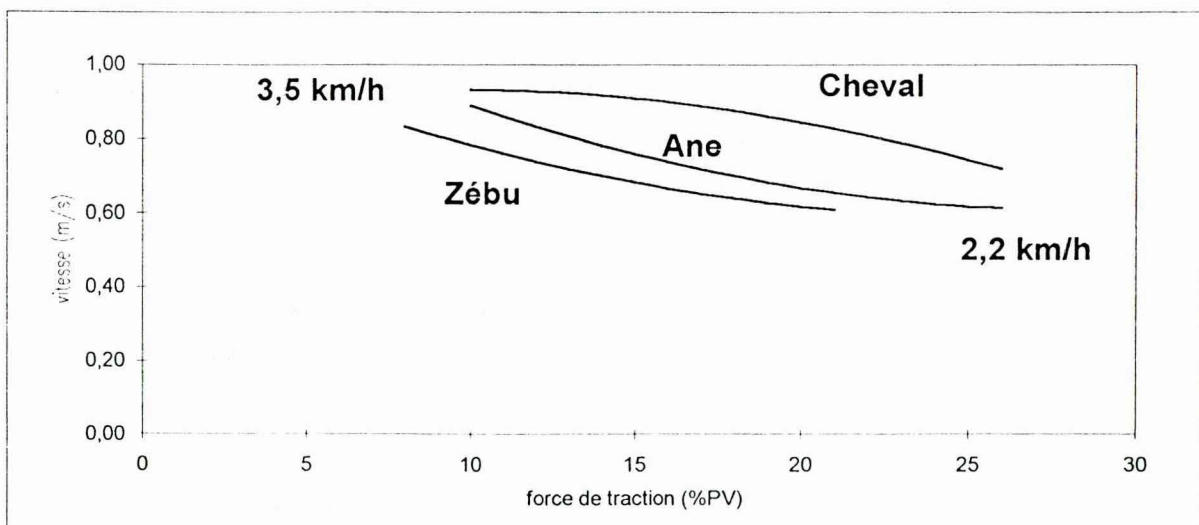


Figure 9c. Variations de la vitesse moyenne de travail des trois espèces en fonction de la force de traction





### 3.3. Capacité de travail : étude mécanique

Dans cette première partie de l'étude expérimentale, nous avons cherché d'une part à qualifier le travail réalisé par un animal dans le but de définir les plages d'efficacité maximale de travail des trois espèces et d'autre part, pour un animal donné et un effort de traction fixé, nous avons quantifié les termes de bilan de son travail.

#### 3.3.1. Approche qualitative : intensité de l'effort

**Notion d'effort optimum.** L'intensité de l'effort de traction peut être définie par le rapport  $F/PV$  (exprimé en %PV ;  $F$  : force de traction en kg ;  $PV$  : poids vif de l'attelage en kg). Pour les séances d'essai quatre intensités d'effort de traction (traitements) ont été choisies (zébu : 08, 10, 15 et 20 %PV ; équidés : 10, 15, 20 et 25 %PV). Nos observations ont permis de vérifier que la distance parcourue par un attelage (notée  $L$ ) diminue proportionnellement à l'intensité de l'effort de traction (pour  $F$  comprise entre 5 et 25 %PV ; figure 9a). Betker et Kutzbach (1991) ont démontré que l'équation du travail de traction (noté  $W$ ) pour un déplacement ( $L$ ), soit  $W = F \cdot L$ , décrit une parabole dont l'expression est :  $W = a \cdot F^2 + b \cdot F$  (figure 9a). Cette parabole passe par un maximum ( $W_{\max}$ ). La valeur de  $F$  correspondant à  $W_{\max}$  et de fait appelée "force optimale de traction" (notée  $F_{\text{opt}} = -b / (2 \cdot a)$ ).

Si la force de traction appliquée à l'animal est inférieure à  $F_{\text{opt}}$ , il effectue un travail dit "léger" (cas du transport, du semis...). Si la force de traction est supérieure à  $F_{\text{opt}}$ , il effectue un travail dit "lourd", l'animal se fatigue et s'arrête rapidement (labour profond, débardage...). Les bornes de l'intervalle des forces de traction centré sur  $F_{\text{opt}}$  pour lesquelles le travail produit est supérieur à 95 % de  $W_{\max}$  sont notées  $F_{95}$ . Cet intervalle est défini arbitrairement comme la plage d'efficacité maximale de l'attelage et il est noté :  $F_{\text{opt}} \pm \delta_{95}$  (figure 9a). Nos observations montrent que dans le cas du cheval et de l'âne, la plage d'efficacité maximale de traction se situe entre 10 et 16 %PV et dans le cas du zébu entre 9 et 15 %PV.

#### 3.3.2. Approche quantitative : durée, vitesse et dépense énergétique

**Durée et vitesse moyenne.** En réalisant des ajustements sur les données de durée et de vitesse moyenne des séances d'essai nos résultats montrent que :

- la durée moyenne de travail (figure 9b) varie dans une grande proportion lorsque l'intensité de l'effort augmente ; notons que la durée de travail est sensiblement plus courte chez l'âne ;
- la vitesse moyenne quant à elle (figure 9c) est relativement peu affectée par l'augmentation de l'effort de traction ; notons que la rapidité du cheval le distingue nettement de l'âne et du zébu.

**Dépense énergétique et rendement net du travail.** Nous avons évalué la Dépense Énergétique liée au travail (DE en kJ) pour chaque espèce à l'aide d'une formule établie par le CTVM<sup>13</sup> (Lawrence et Stibbards 1990). Cette formule additionne les dépenses énergétiques élémentaires lors d'un effort de traction selon le modèle :

$$\begin{aligned} DE = & \text{DE déplacement horizontal} + \text{DE travail de traction} \\ & + \text{DE portage} + \text{DE déplacement vertical} \end{aligned}$$

<sup>13</sup> Centre for Tropical Veterinary Medicine of Edinburgh (Scotland).

Figure 10a. Variation de la Dépense Énergétique liée au travail (DE) chez le cheval en fonction de la force de traction : cas d'une distance fixée à 1 km

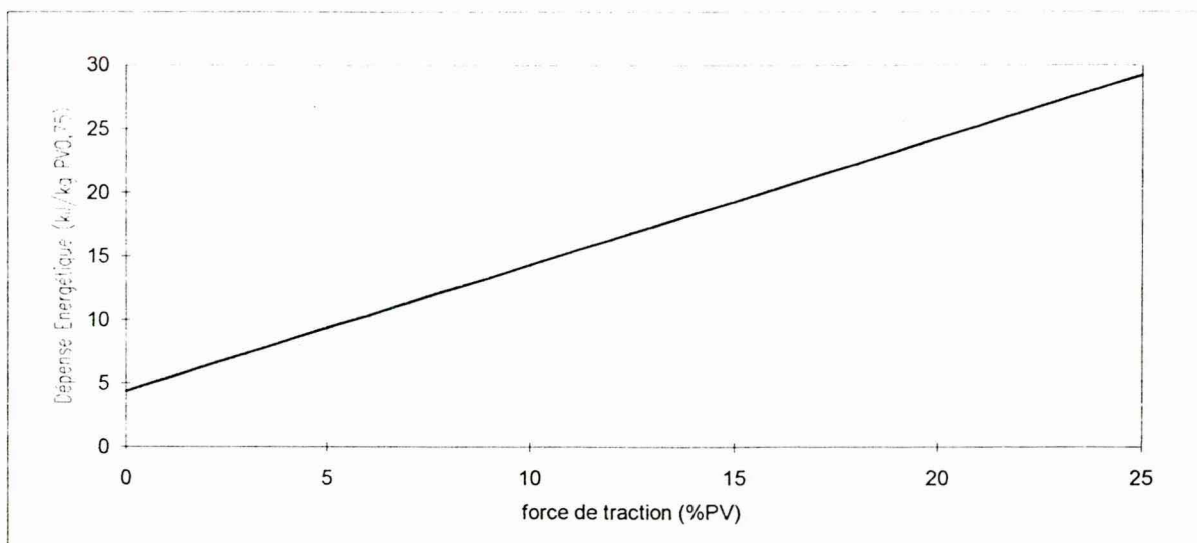


Figure 10b. Variations de la Dépense Énergétique liée au travail (DE) chez les trois espèces en fonction de la force de traction : cas d'une séance d'essai

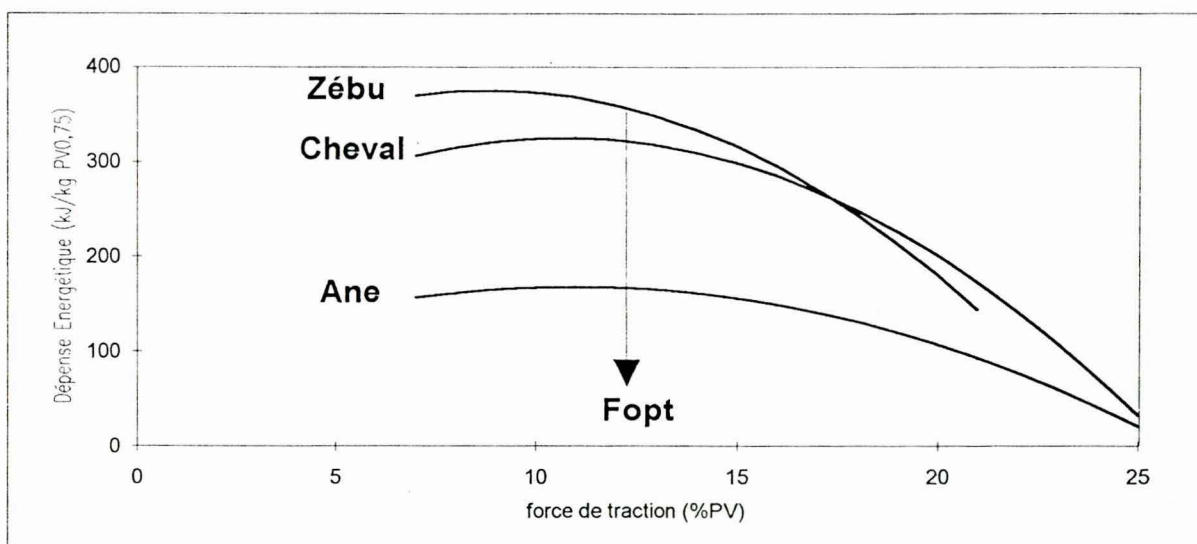
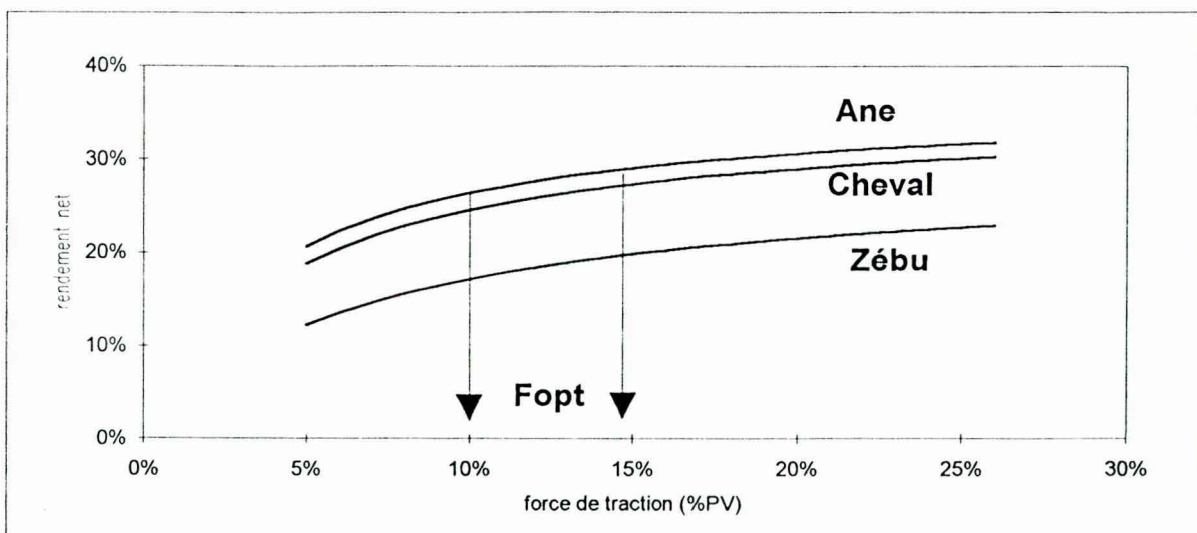


Figure 10c. Variations du rendement net du travail en fonction de la force de traction : comparaison des trois espèces



Ainsi, pour une distance fixée (figure 10a), lorsque l'intensité de l'effort (F) augmente DE augmente proportionnellement à F. Mais, dans le cas d'une séance d'essai (figure 10b) on constate que pour un effort léger (à gauche de  $F_{opt}$ ), la DE de l'animal est très élevée parce qu'il se déplace sur une longue distance mais tire peu (sa force de traction n'est pas valorisée), alors que pour un effort intense (à droite de  $F_{opt}$ ) sa DE se réduit dans une grande proportion lorsque F augmente car il réduit fortement son déplacement.

Le rendement net de travail des trois espèces a été comparé lorsque l'intensité de l'effort varie (figure 10c). L'expression du rendement net (noté  $r_{net}$ ) est la suivante (Brody 1945) :

$$r_{net} = \frac{\text{Travail de traction (W)}}{\text{Dépense Énergétique (DE)}}$$

La figure 10c montre que le  $r_{net}$  des équidés est meilleur que celui du zébu ce qui peut s'expliquer par un coût élémentaire du déplacement horizontal plus faible chez les équidés (environ 1 contre 2 J/kgPV/m chez le zébu) et un meilleur rendement du travail (respectivement 0,36-0,37 contre 0,30) ce qui s'explique par leur morphologie et par les mécanismes de leur locomotion (Yousef et al. 1972). Au niveau des plages d'efficacité maximale les  $r_{net}$  sont compris entre : 26 et 29 % chez l'âne ; 24 et 27 % chez le cheval ; 16 et 20 % chez le zébu.

### 3.3.3. Tables des performances au travail

**Présentation des tables.** Les résultats de l'étude mécanique ont été rassemblés dans un référentiel commun aux trois espèces qui présente leurs capacités de travail sous la forme d'une abaque : table de performance (figure 11a). En fonction de facteurs faciles à mesurer tels que le poids vif de l'animal (PV qui caractérise sa capacité de travail) et la force de traction (F qui caractérise le travail), elles indiquent :

- d'une part, de manière qualitative, l'intensité du travail accompli (légère, moyenne, lourde),
- d'autre part, de manière quantifiée, la durée moyenne de travail (d), la vitesse moyenne de travail (v) et la dépense énergétique liée au travail de traction (DE).

La figure 11a superpose les tables de performances de l'âne, du cheval et du zébu. Considérons un cheval pesant  $PV = 275$  kg et produisant un effort de traction F de 40 kg ce qui représente une intensité de traction de 14,5 %PV ( $40 / 275 \cdot 100$ ). La lecture de la table montre qu'il travaille dans la zone d'efficacité optimale (caractères gras). Les termes de bilan de son travail seront :

- durée moyenne (d) : 04:49 ;
- vitesse moyenne (v) : 3,28 km/h ;
- dépense énergétique (DE) : 21.000 kJ.



Figure 11a. Table de performance au travail du zébu, de l'âne et du cheval : plages d'efficacité maximale en caractères gras

Force de traction : F en kg ; Poids Vif : PV en kg

| PV  | F  | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55   | 60   | 65   | 70   | 75   | 80   | 85   | 90   | 95   | PV  |
|-----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 100 | d  | 6:46 | 3:43 | 2:09 | 1:04 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 100 |
|     | v  | 3,20 | 2,73 | 2,40 | 2,22 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 6    | 6    | 3    | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 125 | d  | 6:00 | 4:53 | 3:22 | 2:09 | 1:15 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 125 |
|     | v  | 3,25 | 3,00 | 2,66 | 2,40 | 2,24 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 6    | 7    | 6    | 4    | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 160 | d  | 6:00 | 6:46 | 4:21 | 3:08 | 2:09 | 1:23 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 160 |
|     | v  | 3,25 | 3,20 | 2,87 | 2,60 | 2,40 | 2,26 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 7    | 8    | 8    | 7    | 5    | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 175 |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 175 |
| 200 |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 200 |
| 225 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:22 | 6:21 | 4:24 | 3:31 | 2:43 | 1:58 | 1:18 |      |      |      |      |      |      |      |      | 225 |
|     | v  | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,36 | 3,32 | 3,26 | 3,16 | 3,04 | 2,90 | 2,72 |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 15   | 17   | 18   | 18   | 18   | 16   | 14   | 11   | 8    | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 260 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:54 | 6:67 | 6:03 | 4:13 | 3:26 | 2:43 | 2:02 | 1:26 |      |      |      |      |      |      |      | 260 |
|     | v  | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,36 | 3,34 | 3,30 | 3,24 | 3,15 | 3,04 | 2,91 | 2,76 |      |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 16   | 18   | 20   | 20   | 20   | 19   | 18   | 15   | 12   | 9    | 4    |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 275 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:28 | 6:37 | 4:49 | 4:04 | 3:22 | 2:43 | 2:06 | 1:32 |      |      |      |      |      |      | 275 |
|     | v  | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,36 | 3,36 | 3,33 | 3,28 | 3,22 | 3,14 | 3,04 | 2,92 | 2,79 |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 17   | 20   | 21   | 22   | 22   | 22   | 21   | 19   | 17   | 14   | 10   | 6    |      |      |      |      |      |      |     |
| 300 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:54 | 6:06 | 6:21 | 4:38 | 3:57 | 3:19 | 2:43 | 2:09 | 1:38 | 1:09 |      |      |      |      | 300 |
|     | v  | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,36 | 3,36 | 3,36 | 3,32 | 3,27 | 3,21 | 3,13 | 3,04 | 2,93 | 2,81 | 2,67 |      |      |      |      |     |
|     | DE | 19   | 21   | 23   | 24   | 24   | 24   | 23   | 22   | 20   | 18   | 15   | 11   | 7    | 2    |      |      |      |      |     |
| 325 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:52 | 6:36 | 6:12 | 6:43 | 6:08 | 4:27 | 3:40 | 2:47 | 1:48 | 0:44 |      |      |      |      |      | 325 |
|     | v  | 3,25 | 3,25 | 3,18 | 3,03 | 2,88 | 2,76 | 2,63 | 2,52 | 2,43 | 2,35 | 2,28 | 2,22 | 2,17 |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 25   | 27   | 28   | 29   | 29   | 28   | 27   | 26   | 24   | 21   | 18   | 14   | 9    |      |      |      |      |      |     |
| 360 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:57 | 6:43 | 6:24 | 6:00 | 6:31 | 4:67 | 4:17 | 3:33 | 2:43 | 1:48 | 0:49 |      |      |      |      | 360 |
|     | v  | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,08 | 2,94 | 2,81 | 2,70 | 2,59 | 2,50 | 2,41 | 2,34 | 2,27 | 2,22 | 2,17 |      |      |      |      |     |
|     | DE | 27   | 29   | 30   | 31   | 31   | 31   | 30   | 29   | 27   | 26   | 22   | 19   | 15   | 10   |      |      |      |      |     |
| 375 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:49 | 6:34 | 6:14 | 6:49 | 6:20 | 4:47 | 4:09 | 3:26 | 2:40 | 1:48 | 0:53 |      |      |      | 375 |
|     | v  | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,13 | 3,00 | 2,87 | 2,76 | 2,66 | 2,66 | 2,47 | 2,39 | 2,33 | 2,27 | 2,22 | 2,18 |      |      |      |     |
|     | DE | 28   | 30   | 32   | 33   | 33   | 33   | 33   | 32   | 30   | 28   | 26   | 23   | 20   | 16   | 12   |      |      |      |     |
| 400 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:54 | 6:41 | 6:24 | 6:03 | 6:39 | 6:10 | 4:38 | 4:01 | 3:21 | 2:37 | 1:48 | 0:56 |      |      | 400 |
|     | v  | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,17 | 3,04 | 2,93 | 2,81 | 2,71 | 2,62 | 2,53 | 2,46 | 2,38 | 2,32 | 2,26 | 2,22 | 2,18 |      |      |     |
|     | DE | 30   | 32   | 33   | 35   | 35   | 36   | 36   | 36   | 33   | 32   | 30   | 27   | 24   | 21   | 17   | 13   |      |      |     |
| 425 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:58 | 6:47 | 6:33 | 6:16 | 6:54 | 6:29 | 6:01 | 4:29 | 3:54 | 3:16 | 2:34 | 1:48 | 1:00 |      | 425 |
|     | v  | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,21 | 3,09 | 2,97 | 2,87 | 2,77 | 2,67 | 2,59 | 2,51 | 2,43 | 2,37 | 2,31 | 2,26 | 2,22 | 2,18 |      |     |
|     | DE | 31   | 33   | 35   | 36   | 37   | 38   | 38   | 37   | 36   | 36   | 33   | 31   | 28   | 25   | 22   | 18   | 14   |      |     |
| 450 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:52 | 6:39 | 6:24 | 6:06 | 6:46 | 6:20 | 4:53 | 4:22 | 3:48 | 3:11 | 2:31 | 1:48 | 1:02 | 450 |
|     | v  | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,13 | 3,02 | 2,91 | 2,81 | 2,72 | 2,64 | 2,56 | 2,49 | 2,42 | 2,36 | 2,31 | 2,26 | 2,22 | 2,18 |     |
|     | DE | 33   | 35   | 37   | 38   | 39   | 40   | 40   | 40   | 39   | 38   | 37   | 36   | 32   | 30   | 27   | 23   | 19   | 15   |     |
|     | F  | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55   | 60   | 65   | 70   | 75   | 80   | 85   | 90   | 95   |     |

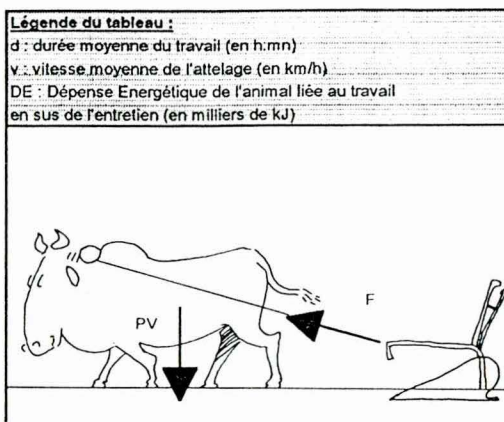
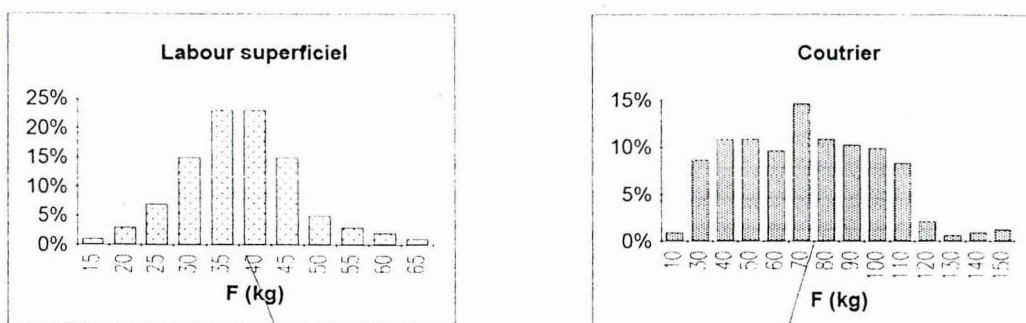


Figure 11b. Exemple d'utilisation des tables de performances : quels attelages choisir pour un travail donné?  
Distributions fréquentielles des forces de traction requises par deux types de travaux du sol



| PV  | F  | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55   | 60   | 65   | 70   | 75   | 80   | 85   | 90   | 95   | PV  |
|-----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 100 | d  | 5:46 | 3:43 | 2:09 | 1:04 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 100 |
|     | v  | 3:20 | 2:73 | 2:40 | 2:22 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 5    | 6    | 3    | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 125 | d  | 6:00 | 4:53 | 3:22 | 2:09 | 1:15 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 125 |
|     | v  | 3:25 | 3:00 | 2:55 | 2:40 | 2:24 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 6    | 7    | 6    | 4    | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 150 | d  | 6:00 | 5:46 | 4:21 | 3:08 | 2:09 | 1:23 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 150 |
|     | v  | 3:25 | 3:20 | 2:87 | 2:60 | 2:40 | 2:26 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 7    | 8    | 8    | 7    | 5    | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 175 |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 175 |
| 200 |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 200 |
| 225 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:22 | 5:21 | 4:24 | 3:31 | 2:43 | 1:58 | 1:18 |      |      |      |      |      |      |      |      | 225 |
|     | v  | 3:60 | 3:60 | 3:60 | 3:35 | 3:32 | 3:25 | 3:16 | 3:04 | 2:90 | 2:72 |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 15   | 17   | 18   | 18   | 18   | 16   | 14   | 11   | 8    | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 250 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:54 | 5:57 | 5:03 | 4:13 | 3:26 | 2:43 | 2:02 | 1:26 |      |      |      |      |      |      |      | 250 |
|     | v  | 3:60 | 3:60 | 3:60 | 3:36 | 3:34 | 3:30 | 3:24 | 3:15 | 3:04 | 2:91 | 2:76 |      |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 16   | 18   | 20   | 20   | 20   | 19   | 18   | 15   | 12   | 9    | 4    |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 275 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:28 | 5:37 | 4:49 | 4:04 | 3:22 | 2:43 | 2:06 | 1:32 |      |      |      |      |      |      | 275 |
|     | v  | 3:60 | 3:60 | 3:60 | 3:36 | 3:35 | 3:33 | 3:28 | 3:22 | 3:14 | 3:04 | 2:92 | 2:79 |      |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 17   | 20   | 21   | 22   | 22   | 22   | 21   | 19   | 17   | 14   | 10   | 6    |      |      |      |      |      |      |     |
| 300 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:54 | 6:06 | 5:21 | 4:38 | 3:57 | 3:19 | 2:43 | 2:09 | 1:38 | 1:09 |      |      |      |      | 300 |
|     | v  | 3:60 | 3:60 | 3:60 | 3:36 | 3:36 | 3:35 | 3:32 | 3:27 | 3:21 | 3:13 | 3:04 | 2:93 | 2:81 | 2:67 |      |      |      |      |     |
|     | DE | 19   | 21   | 23   | 24   | 24   | 24   | 23   | 22   | 20   | 18   | 15   | 11   | 7    | 2    |      |      |      |      |     |
| 325 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:52 | 6:36 | 6:12 | 5:43 | 5:08 | 4:27 | 3:40 | 2:47 | 1:48 | 0:44 |      |      |      |      |      | 325 |
|     | v  | 3:25 | 3:25 | 3:18 | 3:03 | 2:88 | 2:76 | 2:63 | 2:52 | 2:43 | 2:35 | 2:28 | 2:22 | 2:17 |      |      |      |      |      |     |
|     | DE | 25   | 27   | 28   | 29   | 29   | 28   | 27   | 26   | 24   | 21   | 18   | 14   | 9    |      |      |      |      |      |     |
| 350 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:57 | 6:43 | 6:24 | 6:00 | 5:31 | 4:57 | 4:17 | 3:33 | 2:43 | 1:48 | 0:49 |      |      |      |      | 350 |
|     | v  | 3:25 | 3:25 | 3:25 | 3:08 | 2:94 | 2:81 | 2:70 | 2:59 | 2:50 | 2:41 | 2:34 | 2:27 | 2:22 | 2:17 |      |      |      |      |     |
|     | DE | 27   | 29   | 30   | 31   | 31   | 31   | 30   | 29   | 27   | 25   | 22   | 19   | 15   | 10   |      |      |      |      |     |
| 375 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:49 | 6:34 | 6:14 | 5:49 | 5:20 | 4:47 | 4:09 | 3:26 | 2:40 | 1:48 | 0:53 |      |      |      | 375 |
|     | v  | 3:25 | 3:25 | 3:25 | 3:13 | 3:00 | 2:87 | 2:76 | 2:66 | 2:56 | 2:47 | 2:39 | 2:33 | 2:27 | 2:22 | 2:18 |      |      |      |     |
|     | DE | 28   | 30   | 32   | 33   | 33   | 33   | 33   | 32   | 30   | 28   | 26   | 23   | 20   | 16   | 12   |      |      |      |     |
| 400 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:54 | 6:41 | 6:24 | 6:03 | 5:39 | 5:10 | 4:38 | 4:01 | 3:21 | 2:37 | 1:48 | 0:56 |      |      | 400 |
|     | v  | 3:25 | 3:25 | 3:25 | 3:17 | 3:04 | 2:93 | 2:81 | 2:71 | 2:62 | 2:53 | 2:45 | 2:38 | 2:32 | 2:26 | 2:22 | 2:18 |      |      |     |
|     | DE | 30   | 32   | 33   | 35   | 35   | 36   | 35   | 35   | 33   | 32   | 30   | 27   | 24   | 21   | 17   | 13   |      |      |     |
| 425 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:58 | 6:47 | 6:33 | 6:16 | 5:54 | 5:29 | 5:01 | 4:29 | 3:54 | 3:16 | 2:34 | 1:48 | 1:00 |      | 425 |
|     | v  | 3:25 | 3:25 | 3:25 | 3:21 | 3:09 | 2:97 | 2:87 | 2:77 | 2:67 | 2:59 | 2:51 | 2:43 | 2:37 | 2:31 | 2:26 | 2:22 | 2:18 |      |     |
|     | DE | 31   | 33   | 35   | 36   | 37   | 38   | 38   | 37   | 36   | 35   | 33   | 31   | 28   | 25   | 22   | 18   | 14   |      |     |
| 450 | d  | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 7:00 | 6:52 | 6:39 | 6:24 | 6:06 | 5:45 | 5:20 | 4:53 | 4:22 | 3:48 | 3:11 | 2:31 | 1:48 | 1:02 | 450 |
|     | v  | 3:25 | 3:25 | 3:25 | 3:25 | 3:13 | 3:02 | 2:91 | 2:81 | 2:72 | 2:64 | 2:56 | 2:49 | 2:42 | 2:36 | 2:31 | 2:26 | 2:22 | 2:18 |     |
|     | DE | 33   | 35   | 37   | 38   | 39   | 40   | 40   | 40   | 39   | 38   | 37   | 35   | 32   | 30   | 27   | 23   | 19   | 15   |     |
|     | F  | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55   | 60   | 65   | 70   | 75   | 80   | 85   | 90   | 95   |     |



Selon les espèces, les plages d'efficacité maximale au travail sont différentes et complémentaires comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

|        | PV<br>(kg) | F <sub>opt</sub><br>(%PV) | F <sub>opt</sub><br>(kg) | v<br>(km/h) | d<br>(h) | DE<br>(MJ) |
|--------|------------|---------------------------|--------------------------|-------------|----------|------------|
| âne    | 100-150    | 10-16                     | < 30                     | 2,6-3,2     | 3,0-6,0  | 5-8        |
| cheval | 200-300    | 10-16                     | 25-45                    | 3,2-3,4     | 4,5-6,5  | 16-24      |
| zébu   | 300-450    | 09-15                     | 30-70                    | 2,4-2,9     | 4,5-6,5  | 24-40      |

PV : poids vif ; F : force de traction ; v : vitesse ; d : durée ; DE : dépense énergétique liée au travail.

Ces résultats sont en assez bon accord avec les données de la GTZ (1982), Goe (1983), Starkey (1994) et Le Thiec (1996). La place occupée par le cheval comble l'important vide qui sépare l'âne et le zébu (figure 11a), qui dans la réalité est d'autant plus important que les bovins sont attelés en paires.

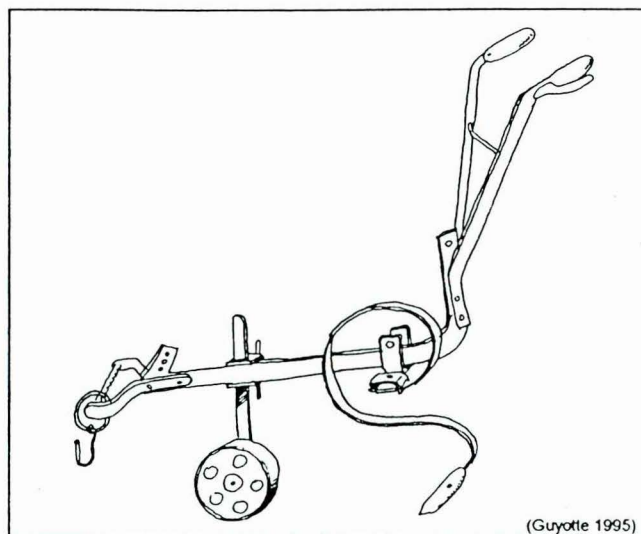
**Utilisation pratique. Quel attelage choisir pour un travail donné ?** La figure 11b présente des distributions fréquentielles des forces de traction requises pour deux types de travaux du sol. Ces résultats proviennent de travaux effectués avec un corps de charrue de modèle T27 sur un sol ferrugineux tropical. Il s'agit : d'un labour superficiel (5-10 cm) ; et d'un travail du sol en sec au coutrier.

*Labour.* Un labour superficiel requiert une force de traction moyenne comprise entre 35 et 40 kg. Ce type de travail sera réalisé dans des conditions optimales par tous types de zébus et de chevaux, mais correspond déjà à un effort important pour les ânes ce qui justifie l'emploi d'une charrue plus petite pour cet animal (modèle T20).

*Coutrier.* L'effort de traction requis par le passage d'un coutrier dans un sol sec est tel (F moyenne : 70 kg) qu'il exclut pratiquement la possibilité d'atteler un cheval à cet outil. Seuls les chevaux de plus de 300 kg (rares dans le Nord-Cameroun) sont capables d'effectuer ce travail du sol en sec sur une courte durée (entre 1 h 30 et 2 h 00).

Inversement, lorsque l'on conçoit un outil, ce type de table peut aider à rechercher le meilleur compromis entre les dimensions de l'outil (nombre de dents, largeur des socs, etc.) et un type d'attelage. Cette démarche a été appliquée dans la conception d'un outil de travail à la dent sur la ligne de semis (figure 12) en liaison avec l'IRA (Guyotte 1995).

Figure 12. Outil pour le travail du sol minimum à la dent sur la ligne de semis (formule simple dent étroite sur bâti de charrue T34)



### 3.3.4. Conclusion de l'étude mécanique

Cette recherche a permis de préciser pour les trois espèces étudiées les caractéristiques et les variations de leurs capacités de travail lorsque l'intensité de l'effort de traction varie. Elle débouche sur un référentiel pratique qui s'avère être un guide utile pour optimiser le couple animal-outil et contribuer ainsi à l'amélioration de l'efficacité du travail. Certaines contradictions ont d'ores et déjà été mises en évidence entre les observations en simulation de l'effort de traction sur piste et des travaux réels en plein champs, notamment lorsque l'intensité de l'effort devient très élevée (nette diminution de la vitesse ; augmentation de la durée de travail). Des améliorations des tables de performances sont donc possibles. En l'état, leur validité s'étend à des conditions précises dont les composantes fortes sont :

- la production d'un effort léger à moyen ( $F < 20 \%PV$ ) ;
- l'absence d'un gradient (pente) ou d'une discontinuité forte dans l'espace de travail débouchant sur un effort produit régulier (coefficient de variation de  $F < 20 \%$ ).

### 3.4. Comportement à l'effort : étude biologique

Les mécanismes et les adaptations d'un organisme à l'effort sont diverses et complexes. Une approche exhaustive en la matière n'étant pas envisageable, notre choix s'est porté sur une sélection de thèmes, certes réduite, mais spécifiques du travail attelé. L'animal engagé dans un exercice de traction produit de l'énergie musculaire sur une longue durée selon différentes voies énergétiques ; évacue activement pendant l'effort l'extra-chaaleur produite par l'activité de son métabolisme énergétique, ce qui évite une élévation trop importante de sa température corporelle ; se fatigue, ce qui modifie d'abord son comportement à l'effort (ralentissement, etc.) et finit par provoquer son arrêt. Étudiés de manière approfondie chez l'homme et chez le cheval de sport en zone tempérée, ces thèmes ont rarement été envisagés en milieu tropical sur les animaux de traction (Snow et al. 1983, Gillespie et Robinson 1987, Jones 1989, Persson et al. 1991, Robinson 1995). Or, ces trois aspects de la biologie de l'animal de trait nous semblent essentiels pour comprendre les mécanismes et les adaptations liés à l'effort de traction et anticiper la gestion du travail selon l'environnement.

#### 3.4.1. Traction attelée et voie énergétique

Les différentes voies énergétiques sont plus ou moins sollicitées selon l'intensité de l'exercice musculaire. Comment réagit le métabolisme énergétique des espèces étudiées lorsque l'effort de traction s'accroît ? La chaîne de l'oxygène devient-elle un facteur limitant au voisinage des maxima d'effort ?

**Voies énergétiques.** Les voies énergétiques (aérobie et anaérobie lactique ; figure 13a) ont des latences, des rendements et des durées différentes, mais sont concomitantes dans tout exercice. La voie *anaérobie lactique* met en jeu la dégradation du glycogène en acide lactique en absence d'oxygène et s'accompagne de la formation de 3 ATP par chaînon glucosyl. Cette voie énergétique est puissante mais de courte durée. L'accumulation de lactate dans la cellule musculaire inhibe la glycolyse et induit un arrêt de l'effort, après un temps limité sans épuisement des réserves musculaires de glycogène. Dans la voie *aérobie*, l'énergie provient de l'oxydation, de l'acide pyruvique produit par la glycolyse des carbohydrates et des radicaux acétyles issus de la transformation des acides gras non estérifiés et en amont de l'hydrolyse des lipides.



Figure 13a. Schéma des voies énergétiques aérobie et anaérobie lactique

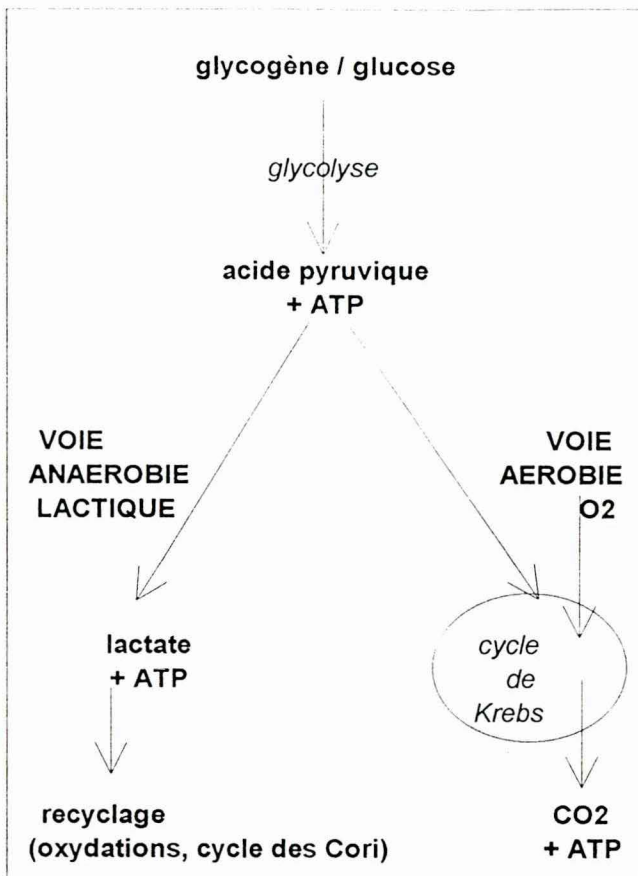


Figure 13b. Concept de seuil anaérobie lactique : évolutions de la lactatémie et de la fréquence cardiaque en fonction de l'intensité de l'effort (représentée ci-dessous par la vitesse)

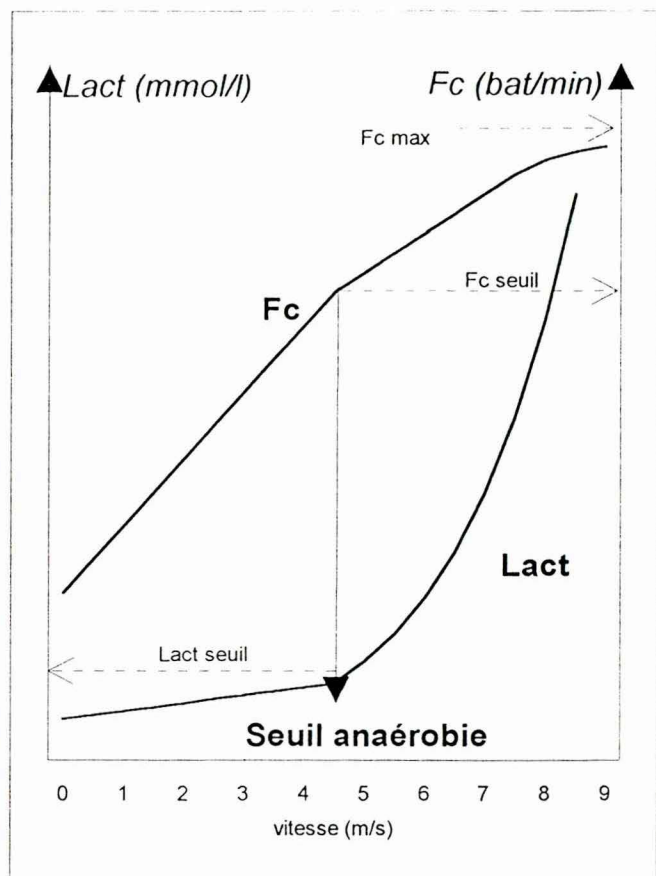
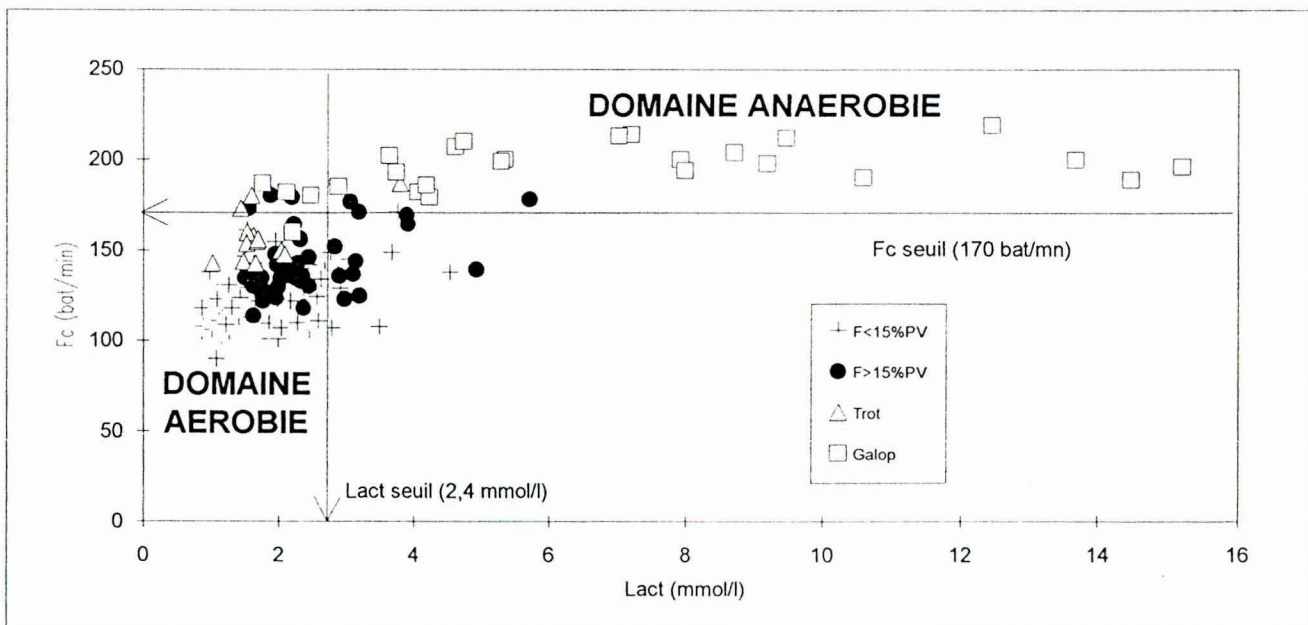


Figure 13c. Couples de fréquence cardiaque et de lactatémie mesurés sur des chevaux produisant : un effort de traction léger ( $F < 15\%PV$ ) ; intense ( $F > 15\%PV$ ) ; un trot (15 km/h) ; et un galop ( $> 20$  km/h)



Cette oxydation met en jeu une chaîne de réactions enzymatiques dans les mitochondries (cycle de *Krebs*). Elle nécessite la présence d'oxygène et produit du dioxyde de carbone (respiration cellulaire). Son rendement est très élevé : 38 ATP par chaîon glucosyl. La respiration cellulaire fonctionne à plein régime lorsque les appareils respiratoire et circulatoire atteignent leur pleine capacité de transport d'oxygène (moins de 5 minutes après le début de l'exercice). La puissance maximale de la voie aérobie est moins élevée, mais contrairement à la voie anaérobie elle peut se prolonger durant plusieurs heures.

*Seuil anaérobie lactique.* L'étude de l'adaptation physiologique à un exercice d'endurance et de résistance repose essentiellement sur le concept de seuil anaérobie (Rieu 1986) et sur l'analyse de la zone de transition aérobie-anaérobie (figure 13b). Ce seuil correspond à un état d'équilibre théorique entre les vitesses de production et de disparition de l'acide lactique dans le compartiment sanguin. Chez un individu à l'effort, la consommation d'oxygène ( $VO_2$ ) augmente d'abord linéairement selon la puissance développée et ce jusqu'à une valeur limite. C'est la consommation maximale d'oxygène ( $VO_{2_{max}}$ ). La puissance à partir de laquelle celle-ci est atteinte correspond à la puissance maximale aérobie. Au delà du seuil anaérobie, la mobilisation du système anaérobie, plus puissant, permet d'accroître la puissance musculaire mais le lactate s'accumule et l'arrêt de l'effort survient rapidement.

*Détermination pratique.* La fréquence cardiaque constitue un très bon indicateur de la puissance aérobie mise en jeu pour des efforts submaximaux. Lorsque l'intensité de l'exercice s'approche de la puissance maximale aérobie ( $VO_{2_{max}}$ ) la fréquence cardiaque franchit un seuil ( $Fc_{seuil}$  ; figure 13b) et atteint rapidement une valeur plafond ( $Fc_{max}$ ) si l'intensité de l'effort s'accroît d'avantage. Au delà de la  $Fc_{seuil}$  la mesure de la lactatémie, donne une estimation de la part d'énergie fournie par le métabolisme anaérobie. Le seuil anaérobie lactique ( $Lact_{seuil}$ ) se situe dans la zone où l'on observe la rupture de pente sur la courbe de la lactatémie.

**Résultats.** L'étude biologique a permis de montrer que l'effort de traction attelée se déroule avant tout en aérobose quelle que soit l'intensité de la force de traction appliquée à l'attelage (figure 13c). La voie anaérobie quant à elle intervient sans doute en appoint, à l'occasion d'une élévation passagère de l'intensité de l'effort (obstacles, pentes, etc.). Le recyclage du lactate, actif dès que les conditions de l'aérobose sont rétablies, empêche l'accumulation de ce produit dans le sang ce qui fait disparaître toute trace du fonctionnement de la voie anaérobie lactique.

Chez les chevaux étudiés, nous avons évalué le seuil anaérobie à :  $Fc_{seuil}$  170 bat/min ;  $Lact_{seuil}$  2,4 mmol/l. Ces valeurs sont semblables à celles données par Valette et al. (1989). Lorsque l'intensité de l'effort de traction augmente, l'animal accroît sa puissance aérobie sans jamais franchir nettement le seuil anaérobie comme cela est le cas pour un galop (figure 13c). Quand elle est maximale (25 %PV chez l'âne et le cheval), l'exercice dure environ 1 h, la puissance aérobie développée atteint son maximum et la puissance anaérobie est modérée. Cette caractéristique de l'effort de traction tient à la vitesse de travail réduite des attelages qui se situe entre 2,5 et 4 km/h. Pour d'autres formes de traction telles que le transport hippomobile, réalisé à des vitesses plus élevées, la participation du métabolisme anaérobie est certainement plus importante (Snow 1990).

La distinction entre un effort de type léger et lourd tel que cela a été défini dans l'étude mécanique ne repose pas clairement sur une séparation du point de vue biologique entre un effort à faible participation du métabolisme anaérobie et un effort à forte participation de ce dernier. L'énergie provient surtout, à l'origine, des réserves lipidiques corporelles qui bien que très abondantes ne sont pas illimitées. C'est pourquoi, le maintien d'une activité physique sur une longue période (saison des cultures) n'est pas compatible avec un mauvais état corporel.



Figure 14a. Flux de chaleur traversant l'animal de trait en zone tropicale

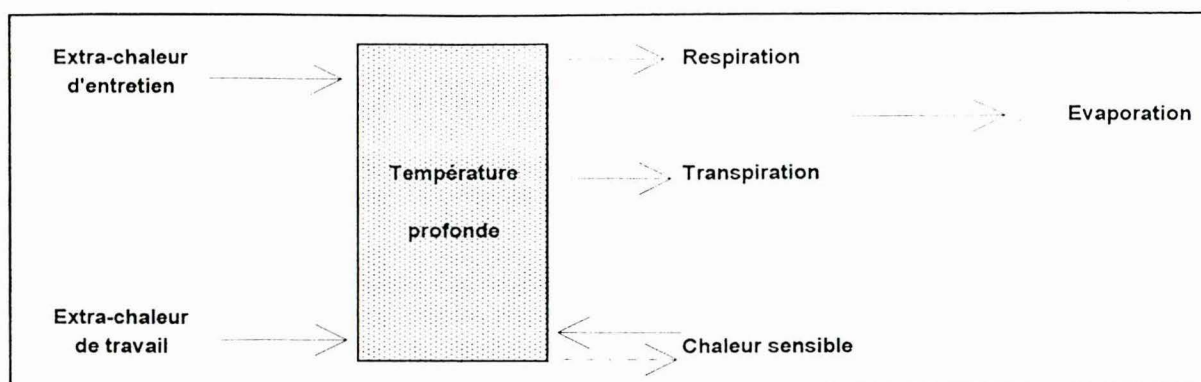


Figure 14b. Variations de la température rectale de 4 zébus effectuant une séance d'essai à 15 %PV en saison des pluies

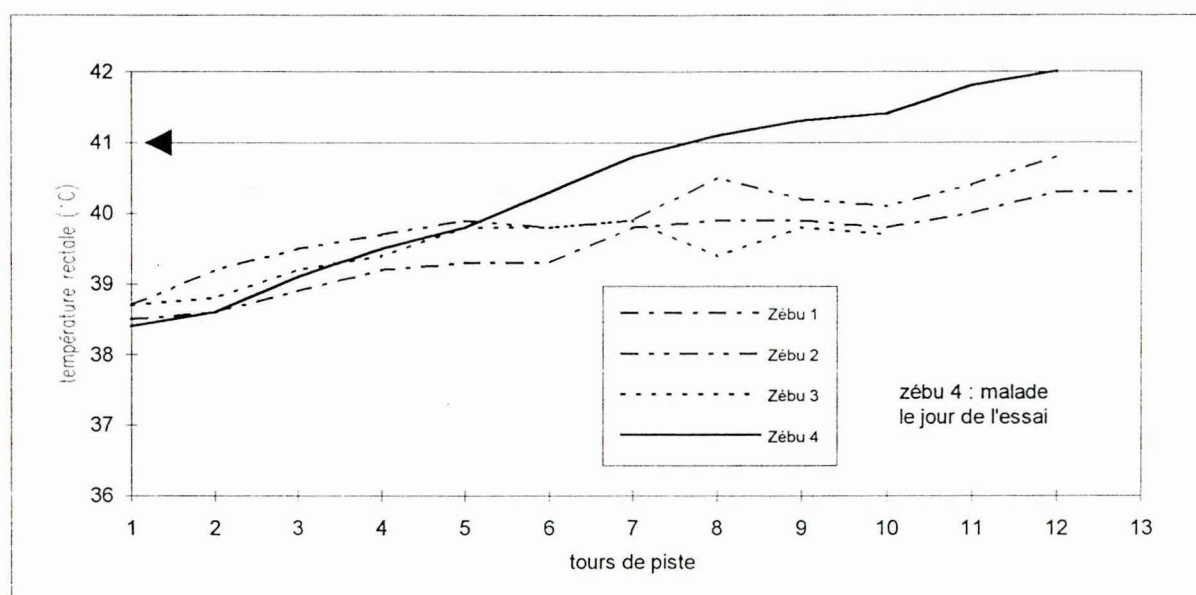
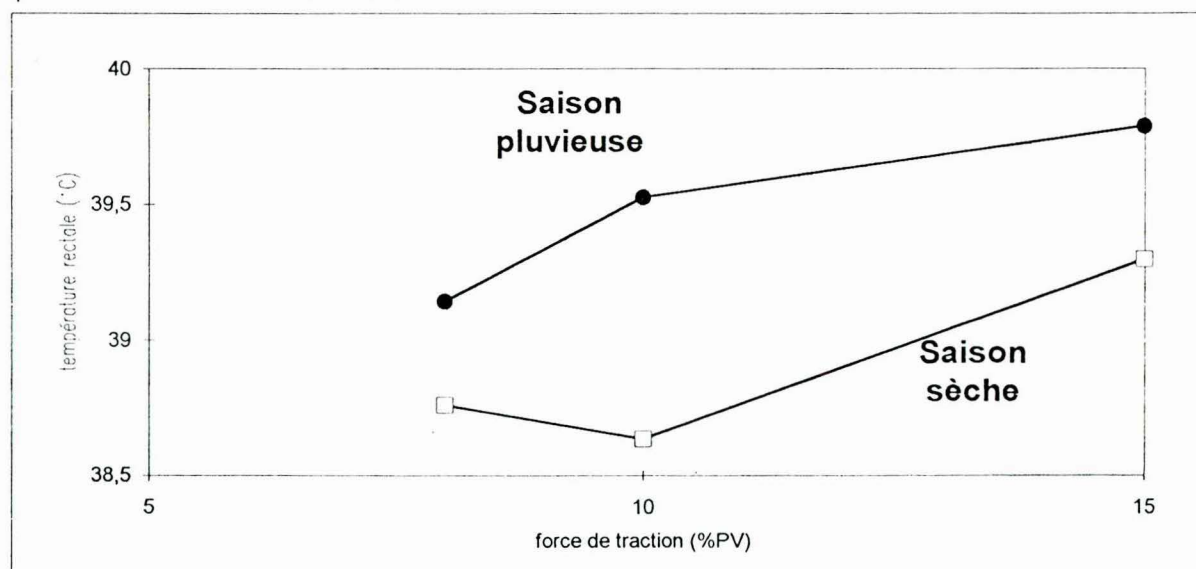


Figure 14c. Température moyenne des zébus effectuant une séance d'essai en saison sèche et en saison pluvieuse pour différentes intensités d'effort de traction



### 3.4.2. Traction attelée et homéothermie

Chez les espèces étudiées, l'homéothermie est un équilibre vital (Berbigier 1988). Un animal de trait à l'effort en milieu tropical (chaud et humide) produit et dissipe de la chaleur que l'on peut séparer en plusieurs catégories de flux (figure 14a). *Thermogénèse*. Lors de l'exercice, près de 80 % de l'énergie utilisée est dissipée sous forme de chaleur (extra-chaleur de travail), laquelle doit être évacuée sous peine d'hyperthermie. La chaleur ambiante peut être considérée comme une source de chaleur exogène supplémentaire (chaleur sensible). *Thermolyse*. Deux voies sont essentielles dans la thermolyse : l'évaporation respiratoire (quantitativement peu importante chez les espèces étudiées, elle est cependant capitale car elle participe à la stabilité de la température du cerveau) ; et l'évaporation cutanée (particulièrement active chez le cheval). Mais, en zone tropicale, l'hygrométrie réduit le pouvoir évaporant de l'air ambiant. Les questions traitées ci-dessous sont les suivantes : l'exercice de traction peut-il générer un stress thermique important chez l'animal ? Quels facteurs peuvent être à l'origine de ce genre d'accident (climat, intensité de l'effort) ?

**Résultats.** Nos observations ont montré que quelle que soit l'intensité de l'effort de traction, le risque d'hyperthermie est faible. La température rectale des zébus en séance d'essai a rarement dépassée 41 °C (figures 14b) ; et celle des équidés plus de 40 °C.

L'élévation moyenne de la température rectale est notablement plus forte en saison pluvieuse pour des exercices de traction de même intensité. C'est l'hygrométrie élevée de la saison des pluies, qui réduit l'efficacité de la thermolyse et augmente le risque d'hyperthermie (zébu 4 ; figure 14c). En saison sèche chaude, l'animal s'arrête à l'approche des heures "brûlantes".

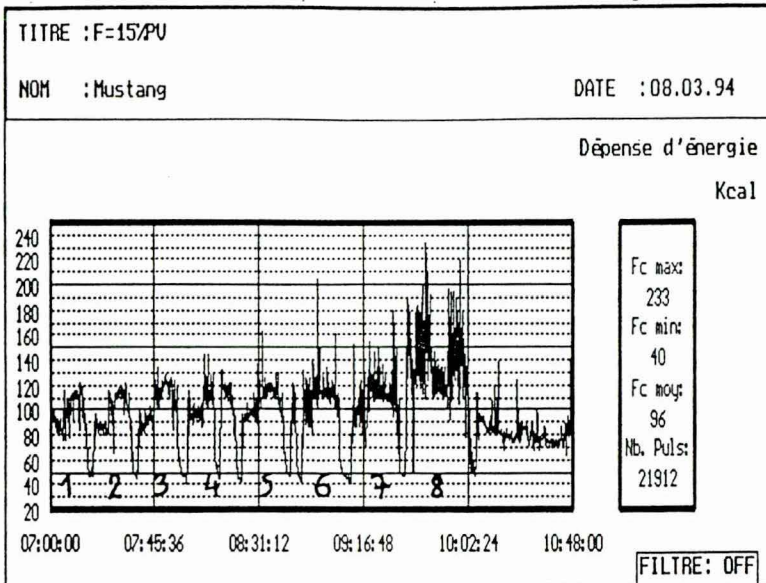
Les animaux étudiés étaient en bonne forme physique et semblaient absorber convenablement le stress thermique en toute situation. Cependant, un animal affaibli par une alimentation insuffisante ou une mauvaise santé, soumis de plus au stress du travail, doit supporter avec plus de difficulté une charge thermique élevée. Son état l'expose à un risque d'hyperthermie plus fort. Cette situation est fréquente en milieu paysan. Elle peut être aggravée par les pratiques des agriculteurs qui préfèrent travailler des sols copieusement arrosés les lendemains (ou surlendemain) de fortes pluies, lorsque l'hygrométrie est en permanence proche de la saturation. La déshydratation et les pertes ioniques des animaux au cours de l'effort sont aussi importantes (notamment chez le cheval) et constituent des facteurs supplémentaires de fatigue.

### 3.4.3. Traction attelée et fatigue

L'effort de traction se caractérise en général par une longue durée. Comme tout exercice physique, il s'accompagne, à plus ou moins longue échéance, d'une fatigue musculaire. Selon Rieu (1992) : *"L'origine de cette fatigue, ainsi que ses facteurs constitutifs sont toujours discutés et dépendent du type d'effort. (...) Chez l'homme, dans les épreuves d'endurance comme le marathon, la diminution des stocks hépatiques et musculaires en glycogène mène à l'épuisement hypoglycémique et l'utilisation excessive des lipides comme source d'énergie par les fibres lentes conduit à l'accumulation dans le sang de substances toxiques, les corps cétoniques, ce qui abaisse le pH sanguin et peut conduire à un état subcomateux. Par ailleurs, une perte excessive d'eau par la sudation provoque une déshydratation et une diminution du volume plasmatique qui peut atteindre 20 %, entraînant un risque de désamorçage de la pompe cardiaque. Ce tableau se complète en règle générale par l'apparition de microlésions des fibres musculaires"*.



Figure 15a. Variations de la fréquence cardiaque du cheval Mustang effectuant une séance d'essai à F = 15 %PV

**Légende :**

1 à 8 tours de pistes  
arrêt : à la base de contrôle

**Tour 2 :**

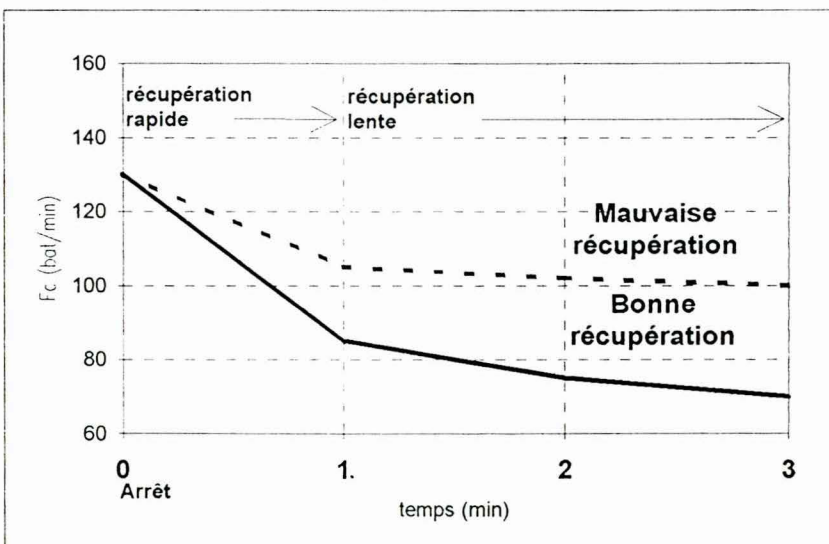
Fc moy = 87 bat/min  
Fc max = 121 bat/min  
Fc min = 44 bat/min  
Fc3 = 47 bat/min

**Tour 8 :**

Fc moy = 125 bat/min  
Fc max = 233 bat/min  
Fc min = 46 bat/min  
Fc3 = 70 bat/min

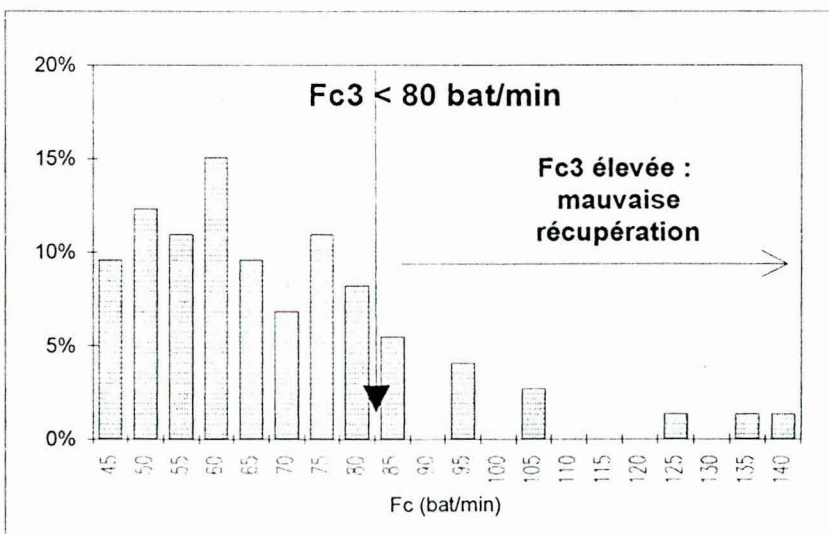
L'amplitude des variations de la fréquence cardiaque augmente au fil des tours et notamment en fin de parcours avec la fatigue

Figure 15b. Allure des courbes de récupération cardiaque des chevaux au cours des trois minutes qui suivent l'arrêt de l'effort : bonne et mauvaise récupération

**Légende :**

Distinction de deux phases de récupération :  
une rapide (0-1 min)  
une lente (2-3 min)

Figure 15c. Distribution fréquentielle des Fc3 mesurées sur les chevaux accomplissant des séances d'essais à une intensité d'effort moyenne (F comprise entre 10 et 15 %PV)

**Légende :**

Les cas de Fc3 > 80 bat/min sont rares et correspondent à des situations où l'animal récupère mal (fatigue)

Cette description des multiples origines de la fatigue s'applique à un type d'exercice certes plus intense qu'un effort de traction mené au pas. Cependant, nous avons observé durant nos essais des modifications nettes du comportement des animaux liées à la fatigue (ralentissement important, augmentation de la fréquence des arrêts, signes d'énervement). A l'approche de la fin des séances d'essai, les arrêts de 3 à 4 min à la base de contrôle ne suffisaient plus pour une récupération efficace. Nous avons cherché à : caractériser cette capacité de récupération à l'aide d'un indicateur biologique (la fréquence cardiaque) ; construire, en fonction de l'intensité de l'effort, un critère simple permettant de distinguer une bonne d'une mauvaise récupération.

**Résultats.** La fréquence cardiaque est un paramètre qui suit sans délais les variations de régime d'un effort (figure 15a). Elle réagit instantanément aux modifications de comportement de l'animal (accélération, décélération) et en particulier aux irrégularités de celui-ci générées par la fatigue. La fréquence cardiaque d'un animal fatigué présente des amplitudes de variations plus grandes durant la marche et un retour au repos plus lent à l'arrêt. Il suffit de comparer les profils de variations de la fréquence cardiaque entre le 1<sup>er</sup> et le 8<sup>ième</sup> tour sur la figure 15a pour le constater.

Chez l'âne et chez le cheval, nous avons étudié le retour de la fréquence cardiaque vers sa valeur de repos au cours des trois minutes qui suivent l'arrêt. Ceci nous a permis de distinguer une phase de récupération rapide (durant la première minute qui suit l'arrêt) et une phase de récupération lente (figure 15b). La fréquence cardiaque 3 minutes après l'arrêt de l'effort (notée  $Fc_3$ ) nous a semblé être la mesure la plus adaptée pour caractériser la vitesse de récupération de l'animal. Elle est accessible au stéthoscope contrairement à un indicateur nécessitant des mesures durant la marche, ou durant la phase de récupération rapide. La figure 15b représente un bon et un mauvais profil de récupération.

En effectuant, sur nos séries de mesures, des analyses de distributions fréquentielles de  $Fc_3$  (figure 15c) et des statistiques simples (moyennes, écarts-types), nous avons établi pour l'âne et le cheval, un critère de récupération qui prend en compte l'intensité de l'effort de traction. Ainsi une bonne récupération se caractérise par une  $Fc_3$  :

- ♦ inférieure à 80 bat/min pour un effort léger ;
- ♦ inférieure à 90 bat/min pour un effort intense.

Une valeur de  $Fc_3$  supérieure à ces valeurs indique une fatigue excessive, ou bien une intensité de travail trop forte. Dans ce cas, il convient de diminuer la charge de travail de l'animal ou de lui accorder un repos. Ce type d'indicateurs est spécifique d'un travail donné (Valette et Bedu 1990)

#### 3.4.4. Conclusion de l'étude biologique

Cette étude biologique a clarifié certaines adaptations physiologiques essentielles pour la compréhension des mécanismes biologiques liés à l'effort attelé (métabolisme énergétique ; thermorégulation ; récupération). Elle débouche sur la proposition d'indicateurs biologiques (seuil anaérobie lactique ; critère de récupération cardiaque ; température rectale limite) directement observés en milieu tropical sur des animaux effectuant un travail de traction très proche de la réalité. Ces indicateurs permettent d'apprécier finement toutes améliorations, ou dégradations du comportement à l'effort d'un animal suite à l'application d'un traitement (rationnement, période d'entraînement, prophylaxie). Ils sont des témoins directs et précis de ces modifications, contrairement aux paramètres mécaniques plus grossiers. Mais, dans leur



forme actuelle, ils sont plutôt des outils pour la recherche. En vue d'une utilisation pratique, il faudrait les transcrire en indicateurs visuels (ou manuels).

Le pilotage du travail des animaux à l'aide d'indicateurs biologiques constitue un champ d'investigations intéressant, surtout dans une perspective d'augmentation importante de l'activité annuelle des attelages. Tant que celle-ci reste limitée à une trentaine de jours par an, l'utilisation ménagée des animaux, comme leur maintien dans un état corporel satisfaisant dans les périodes difficiles sont des thèmes qui ont peu de chance de trouver un écho en milieu paysan compte tenu des coûts de l'entretien et des priorités en période de culture. En revanche, si l'activité globale des attelages s'accroît, notamment par le développement du transport attelé, l'entretien des animaux tout au long de l'année sera naturellement une préoccupation plus importante des propriétaires d'attelages. Dans un tel contexte, l'alimentation et la santé des animaux de trait ainsi que la gestion de leur effort dans la durée sont des thèmes de recherche qui relèvent d'un enjeu réel.

## **4. Retour au milieu paysan et perspectives**

Deux voies s'ouvrent, et pourront être explorées en parallèle, dans l'esprit de complémentarité entre méthodes qui a inspiré jusqu'ici l'ensemble de ce travail.

### **4.1. Recherches expérimentales**

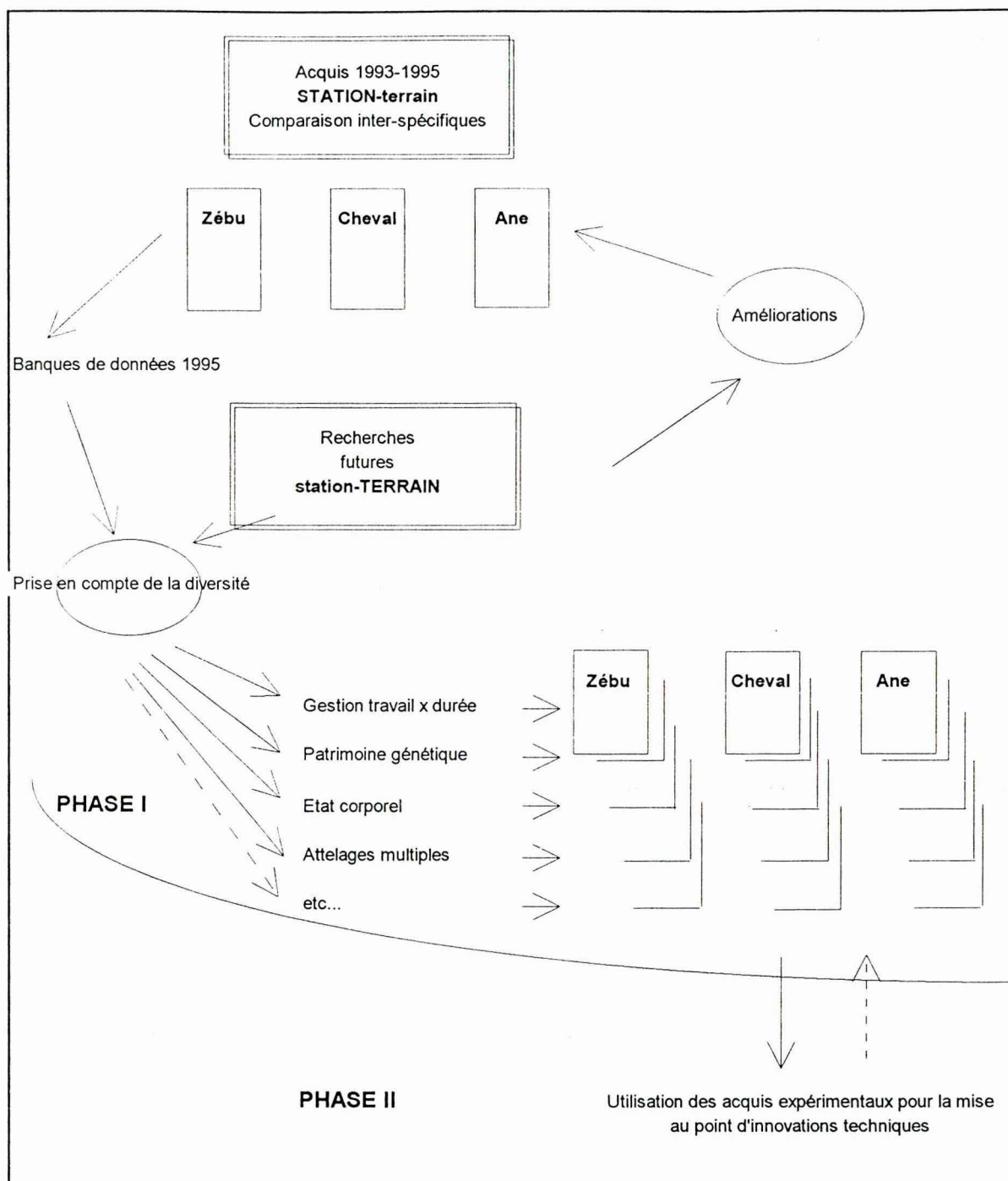
**Objectif.** A ce jour, les acquis obtenus proviennent surtout de travaux conduits en station (figure 16). Suite à l'utilisation intensive de la chaîne de mesure informatisée de 1993 à 1995, notre maîtrise de ce matériel est désormais suffisante pour envisager son utilisation directement en milieu paysan. Cette délocalisation des activités de recherche nous permettrait d'intégrer des facteurs de variation du travail supplémentaires. Ceci nous paraît indispensable pour enrichir et améliorer la base de données acquise à ce jour sur un standard animal éloigné de la réalité des conditions paysannes (animaux : reposés ; entraînés ; convenablement nourris et soignés).

① **Diversifier les attelages : pour adapter l'offre aux besoins des producteurs** (*planche 3a*). Les recherches consisteraient d'abord à caractériser les performances d'attelages multiples (paires de bovins, paires d'ânes), pour des formules diverses (en flèche, de front) et à étendre les observations pour d'autres races d'animaux de trait (poneys Moussey, taurins Namshi). Des solutions sont à rechercher pour augmenter la puissance de traction des ânes (paires), améliorer la précision pour les travaux d'entretien (monoboef), améliorer l'efficacité du transport attelé (chevaux), diversifier les produits des animaux de trait (vaches, fumure). **Augmenter la puissance des attelages : pour améliorer la qualité des travaux (format des animaux, alimentation, harnais).** Des voies sont envisageables, à moyen terme, pour accroître la puissance des ânes. Il s'agit de la sélection massale associée à une action sur l'alimentation et les soins dès le jeunes âge, ou encore de la production d'hybrides (mulets). La question des effets du niveau alimentaire et de l'état corporel des animaux sur leurs performances à l'effort a souvent été posée, mais l'impact de ces facteurs a rarement été démontré. Un protocole spécifique est à construire sur ces thèmes, avec des effectifs importants d'animaux par lot (20 à 30 individus par lot ; Lawrence et Pearson 1993) et une analyse des résultats fondée plutôt sur des indicateurs biologiques. L'amélioration des harnachements peut être envisagée rapidement en ce qui concerne les jougs et les colliers pour chevaux et ânes. Un prototype de jouguet pour la traction monobovine est en cours d'expérimentation (*planche 3b* ; Le Thiec 1994). Ces harnachements devraient être réalisés en faisant intervenir des artisans spécialisés (bois, cuir), testés puis proposés aux paysans.

② **Gestion de l'effort sur la durée et biologie de l'effort de traction : pour améliorer l'efficacité au travail des animaux.** Concernant l'étude des mécanismes biologiques de nombreuses précisions sont à apporter aux acquis essentiellement descriptifs de ce document, pour améliorer effectivement la gestion du travail animal. **Alimentation et adaptations métaboliques.** Les adaptations métaboliques liées à une restriction alimentaire pour des efforts de longue durée, répétés de jours en jours, pourraient être précisées en élargissant le panel des variables biologiques suivies au cours de l'effort (glycémie, glycogène musculaire, acide gras et hématocrite). Ce type d'observation permettrait d'estimer l'impact d'une telle restriction sur la capacité de travail des animaux et d'en tirer des leçons sur leur alimentation avant et pendant la période des travaux. Les résultats attendus doivent avoir une répercussion directe sur la redéfinition des plages de travail optimales construites lors de l'étude mécanique.



Figure 16. Schéma conceptuel de la recherche future : validation des référentiels et prise en compte de la diversité

**Légende :**

Phase I : construction de référentiels

Phase II : tests d'innovations ; conseil de gestion

**Déshydratation et efficacité du travail.** En milieu tropical plus qu'ailleurs, la déshydratation et les pertes ioniques au cours d'un effort de traction attelée sont importantes. Chez le cheval, les pertes hydriques au cours d'un effort de longue durée peuvent atteindre 5 à 8 % PV (Carlson 1983). Cette situation réduit la capacité de travail et accroît le risque d'hyperthermie. La déshydratation chez l'animal de trait à l'effort, pourrait être suivie pour des travaux définis à partir d'un niveau d'hydratation précisé (suivi pondéral au cours du travail et pendant la récupération). Dans un plan d'expérience plus complexe, l'effet d'une surcharge en eau, en sel, ou d'une combinaison (eau + sel) avant le démarrage de l'effort pourrait être mis en parallèle avec les performances à l'effort de l'animal. La finalité d'un tel essai est double : déterminer une relation entre la puissance de travail (durée, vitesse, intensité) et le taux de déshydratation supportable par l'animal ; proposer des techniques visant à réduire les pertes ioniques et hydriques sources de fatigue. **Gestion de l'effort sur la durée.** La question centrale de la gestion de l'activité des animaux de trait dans la durée pourrait être traitée dans des essais répétés jour après jour avec les mêmes animaux pour tester leurs capacités de récupération après des efforts variés. La durée nécessaire pour une récupération cardiaque complète (estimée entre 10 et 20 min) pourrait être précisée. L'effet d'une telle pause sur la reprise du travail pourrait être étudié notamment en comparant un mode de récupération passif à un mode de récupération actif destiné à augmenter la clairance des catabolites accumulés par l'organisme pendant l'effort. Les termes de bilan d'un travail continu et d'un travail fractionné de mêmes intensités pourraient être comparés.

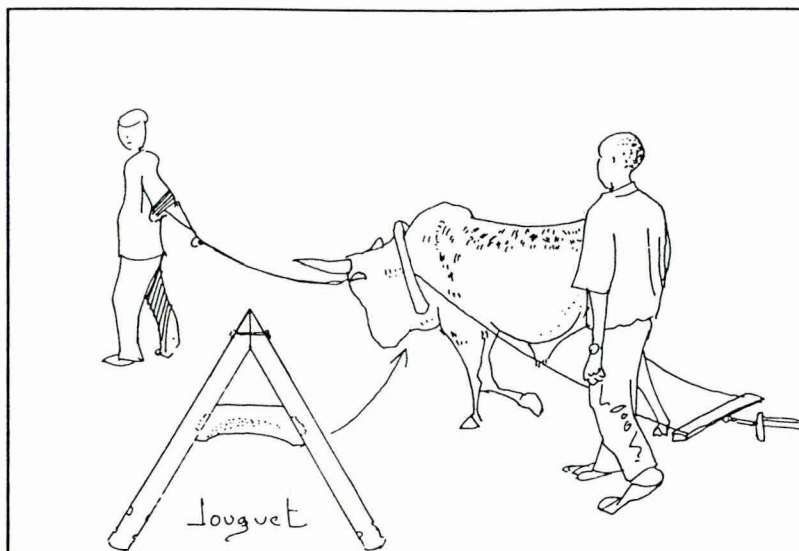
## 4.2. Recherches en milieu paysan

**Objectif.** L'objectif consiste à identifier les problèmes techniques des paysans et à leur apporter des solutions (phase II ; figure 16). On utilise alors en conditions paysannes les connaissances obtenues lors de la phase I, pour proposer des solutions par l'innovation ou le conseil de gestion.

① **Proposer des solutions techniques au transport attelé : pour développer cette activité, accroître l'utilisation des attelages et leur rentabilité économique globale.** Le développement du transport attelé est entravé par le coût prohibitif des charrettes. Réduit à la charrette à boeufs, il est aussi insuffisamment diversifié. Pour la construction des charrettes, il est envisageable de valoriser les matériaux disponibles localement (bois, essieux de récupération, tôles) et de s'appuyer sur un réseau local d'artisans. Un prototype de charrette bovine (asine), conçu par l'IRA est en cours d'expérimentation en station et en milieu paysan. Il incorpore uniquement des matériaux facilement disponibles à Garoua : plaques de fer pour les roues métalliques, tubes en acier pour l'essieu, bois pour le plateau de la charrette et les coussinets de roulement de l'essieu. Ce modèle de charrette peut être construit par un artisan disposant d'un poste à soudure. D'autres systèmes simples de transport tels que le traîneau, le bât et le travois pourraient être expérimentés. **Faciliter l'accès à l'équipement de culture attelée : pour accroître le nombre de paysans équipés.** La poursuite de l'extension de la culture attelée dépendra aussi des crédits octroyés aux paysans pour l'achat d'équipement. La gestion des crédits par les organisations paysannes serait à envisager. Le développement d'un artisanat de forgerons spécialisés dans la fabrication d'outils à base de matériaux recyclés pourrait faciliter l'accession à la culture attelée.



### Planche 3a. Innovations sur l'animal



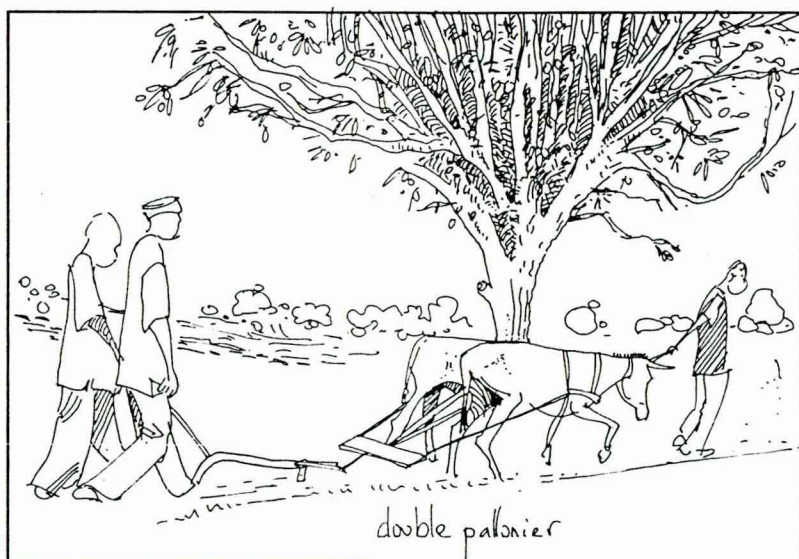
#### Traction monobovine

Améliorer la précision du travail des travaux d'entretien (sarclage, buttage)

Poursuivre la travail en cas de perte accidentelle d'un boeuf

Force de traction : 25-75 kg

Mono-joug ATECAM (CIRAD-SAR)  
triangle équilatéral (60 cm)  
en bois d'eucalyptus



#### Paire d'ânes

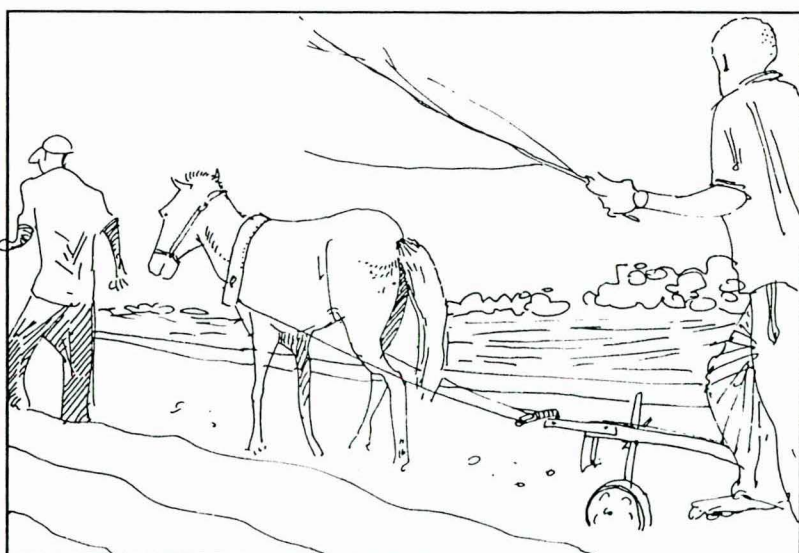
Augmenter la puissance de la traction asine solo

Force de traction : 30-50 kg  
au lieu de 20-30 kg en individuel

De front : transport ; travail sur billons

En flèche : labour ; travaux d'entretien

Pallonier double et bricoles en traction frontale ou bricole sur bricole en flèche



#### Chevaux Dongolaw ; poneys Moussey

Recherche de puissance

Investissement intermédiaire entre la traction bovine et asine

Poids vif chevaux : 200-300 kg

Force de traction : 25-45 kg

Travail rapide

Charrue recommandée : T27

Animal familier et intelligent  
Trypanosensible ; alimentation chère

② **Améliorer l'alimentation et la santé des animaux : pour sécuriser l'exploitation durable de ce capital.** L'étude des relations alimentation-état corporel-efficacité du travail, pourrait être approfondie en menant les observations de front en station et en milieu paysan. Les applications de ces travaux en milieu rural peuvent être immédiates et induire des progrès non seulement sur l'efficacité des travaux mais aussi en termes économiques : moindre mortalité et morbidité, meilleure valeur à la réforme des animaux, etc. **Améliorer le logement des animaux de trait : pour mieux valoriser la fumure organique, contrôler l'alimentation et la santé.** L'amélioration du logement des animaux de trait peut avoir un impact positif sur leur santé. Mais l'objectif principal dans ce cas est d'améliorer qualitativement et quantitativement la production de fumure organique essentielle à l'entretien des sols cultivés. L'IRA (Dugué 1995) a expérimenté différentes techniques de production de fumier en saison sèche, en station et en milieu paysan (étables fumières, parcs améliorés et enclos pour les ânes), en utilisant différentes litières (paille de maïs, tige de cotonnier et graminées naturelles). Un paire de boeufs peut produire ainsi 5 à 7 kg MS/jour de fumier et fertiliser après une saison sèche entre 0,25 et 0,5 ha selon la dose de fumier épandue. Ces techniques sont au point mais leur vulgarisation est limitée par le faible équipement des paysans pour le transport. L'accroissement de la durée de stabulation des animaux (voire la production de fumier en saison pluvieuse) sont aussi des voies à explorer.

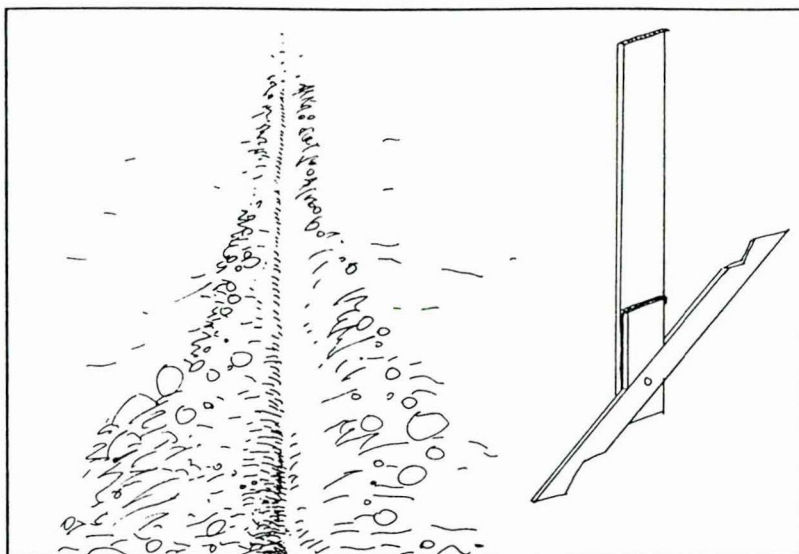
③ **Diversifier les techniques d'implantation, d'entretien et de récoltes des cultures : pour accroître l'efficacité du travail, donner plus de souplesse au calendrier de travail, optimiser les rendements et améliorer le revenu de l'exploitation.** Le labour restera certainement la principale technique de préparation des sols avant semis. Toutefois la préparation du sol en sec qui nécessite une solide paire de boeufs permettrait de sécuriser les semis précoces d'arachide et de sorgho principalement dans les zones les moins arrosées et de sols argilo-sableux (travail au coutrier ; planche 3b ; Le Thiec 1991). En terrain humide le travail du sol à la dent localisé à la ligne de semis permet d'améliorer le profil cultural pour les jeunes plantes et surtout de gagner du temps par rapport au labour (Guyotte 1995). La vulgarisation du buttage et du sarclage mécanique doit être étendue. En matière de sarclage mécanique la diversification des équipements est aussi à rechercher (matériels de sarclage plus légers donc plus maniables et pouvant être tirés par un âne, un cheval, un boeuf ; minihoue planche 3b). La mécanisation du soulèvement de l'arachide réduit le temps de travail nécessaire à cette opération réalisée jusqu'à maintenant manuellement et permet d'obtenir des fanes de qualité très utiles pour l'entretien des animaux. L'utilisation du semoir tiré par un cheval ou un âne pour les céréales à semences "bon marché" (mil, sorgho), mériterait d'être étudiée de près dans les zones sablonneuses situées sur la frange septentrionale du bassin cotonnier où le risque pluviométrique est important en début de saison pluvieuse et par conséquent la rapidité du semis cruciale.

#### 4.3. Perspectives

Les besoins de recherches dans les domaines de la traction animale et de la culture attelée au Nord-Cameroun sont importants et doivent être menés de façon complémentaire en station et en milieu paysan. Ceci nécessite de former une équipe pour faire fonctionner en continu un atelier expérimental sur la traction animale qui comprendrait toujours un volet en station mais dont les travaux devraient se poursuivre et s'accroître en milieu paysan. Il s'agirait d'ajouter à l'étude des relations animaux-outils-itinéraires techniques les aspects concernant l'intégration de la composante traction animale dans les systèmes de production et la gestion des terroirs (impact sur les systèmes de cultures, rôle dans les aménagements, systèmes d'alimentation, économie des unités de production, etc.).



### Planche 3b. Innovations sur l'outil



#### Coutrier (type CIRAD-SAR)

Travail du sol en sec

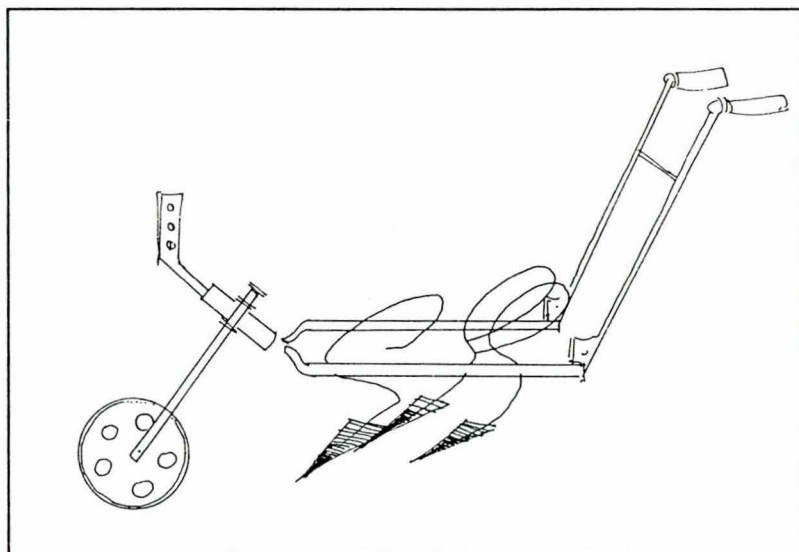
Décompactage

Nécessite un attelage puissant :  
paire de bovins ; cheval (300kg)

Limites à la pénétration de la dent:  
taux argile 12%-15% ; limon 10%

Limite les risques d'érosion éolienne et  
hydrique

Conception de l'outil simple et adaptation  
polyvalente

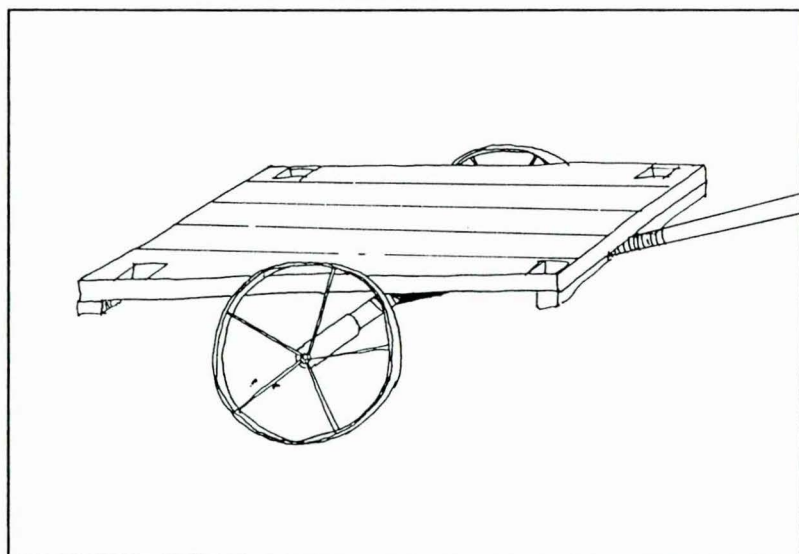


#### Minihoue (Ebra ; Occidentale)

Matériel adapté à la traction légère :  
monobovine ; équine ; asine

Matériels légers ; simples ; et peu coûteux

Réalisable par des artisans locaux



#### Charrette à timon

Réduire le coût de fabrication

Roues métalliques ou  
roues pneumatiques avec essieux  
automobiles de récupération

Plateau bois en planches  
sur chevrons (ou tôle déroulée)

Timon en bois d'Eucalyptus

Dans le but de mieux cerner les besoins des paysans en matière de traction animale, d'expliquer leurs choix vis-à-vis des propositions de la recherche et du développement et de comprendre leurs stratégies dans ce domaine, il semble utile de procéder à des investigations approfondies sur le comportement des agriculteurs équipés en traction animale et de tenter d'anticiper leurs réactions face aux innovations qui pourraient leur être proposées. Les expérimentations et enquêtes visant à tester et améliorer les outils et les formules d'attelages existants, ainsi qu'à mettre au point des prototypes de harnachements, d'outils ou de charrettes réalisables par les artisans locaux ne peuvent être menées efficacement qu'avec l'appui des structures de développement. L'animation du réseau des agents de terrains sur le thème de la traction animale pourrait être confiée à la recherche. La recherche pourrait apporter au développement un appui scientifique et contribuer à la formation continue de ses agents auxquels pourrait être confiée la responsabilité d'enquêtes, de suivi de l'utilisation des attelages, de démonstrations.



## Référence bibliographiques

BEAUVILAIN A., 1989. Nord-Cameroun : crises et peuplements (2 tomes). Thèse de Doctorat es Lettres et Sciences Humaines, Université de Rouen (France).

BERBIGIER P., 1988. Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale. INRA, Paris (France).

BETKER J., KUTZBACH H. D., 1991. The role of donkeys in agricultural mechanisation in Niger. Potential and limitations. In : Fielding D., Pearson R. A. (Eds.), "Donkeys, mules and horses in tropical agricultural development", CTVM, University of Edinburgh (United Kingdom) : 223-230.

BIGOT Y., 1985. Quelques aspects historiques des échecs et des succès de l'introduction et du développement de la traction animale en Afrique. *Machinisme Agricole Tropical*, 91 : 4-10.

BRABANT P., GAVAUD M., 1985. Les sols et les ressources en terres du Nord-Cameroun. Cartes et notices explicatives. N° 103, MESIRES-IRA, Yaoundé (Cameroun), ORSTOM (Ed.), Paris (France). 6 cartes couleurs hors texte.

BRODY S., 1945. Bioenergetics and growth. Reinhold Publishing Corporation, New York (United States of America).

CARDINALE E., 1994. 1. La complémentation de saison sèche des bovins de traction. 2. Suivi sanitaire des bovins de traction. 3. Enquête sur les pathologies du cheval au Nord-Cameroun. Document de Travail, Irzv Garoua (Cameroun).

CARLSON G. P., 1983. Thermoregulation fluid and electrolyte balance. In : Snow D. H., Persson S. G. B., Rose R. J. (Eds.), "Equine exercise physiology", Granta Editions, Cambridge (United Kingdom) : 291-309.

CFDT, 1965. Culture attelée dans la zone cotonnière du Nord-Cameroun. *Machinisme Agricole Tropical*, 11 : 3-11.

COPLAND J. W. (Ed.), 1985. Draught animal power for production. ACIAR Proceedings 10, Canberra (Australia).

DROMMARD P., 1986. Les résultats de la campagne agricole 1985-86. Evaluation de l'impact de la SODECOTON sur les paysans. Projet Centre-Nord, SODECOTON, Garoua, (Cameroun).

DUGUE P., 1995. Amélioration de la production et de l'utilisation de la fumure organique animale en zone cotonnière du Nord-Cameroun. Contribution au 3<sup>e</sup> atelier RESPAO/GREFMASS, "Production et utilisation de la fumure organique en zone subhumide : technologies disponibles, méthodes de transfert et gestion paysanne", Bobo Dioulasso (Burkina Faso).

DUGUE P., DOUNIAS I., 1995. Intensification, choix techniques et stratégies paysannes en zone cotonnière du Cameroun. Le cas des systèmes de cultures des zones d'installation des agriculteurs migrants. Séminaire CIRAD "Succès et échecs des révolutions vertes", CIRAD, Montpellier (France), (Communication).

DUGUE P., KOULANDI J., CHARLOT M., 1994. Diversité et zonage des situations agricoles de la zone cotonnière du Nord-Cameroun. Projet Garoua, IRA-IRZV, Garoua (Cameroun).

EBANGUI A. L., VALL E., MBAH W., 1995. Characterisation of draught donkeys within the cotton producing zone of Cameroun. ATNESA, 4-8 december 1995, Ngong Hills (Kenya).

FAO, 1994. Draught animal power manuel. FAO, Rome (Italy).

FIELDING D., PEARSON R. A. (Eds.), 1991. Donkeys, mules and horses in tropical agricultural development. CTVM, University of Edinburgh (United Kingdom).

GALLET P., 1992. Mise en place d'une chaîne de mesures et formation à son utilisation. Rapport de mission au Cameroun. CIRAD-SAR, 40/92, Montpellier (France).

GILLESPIE J. R., ROBINSON N. E. (Eds.), 1987. Equine exercise physiology 2. ICEEP Publications, Davis, California (United States of America).

GOE M. R., 1983. Current status of research on animal traction. *World Animal Review*, 45 : 2-17.

GRUVEL J., TRONCY P. M., TIBAYRENC R., 1970. Contribution à la connaissance de la distribution des glossines au Nord-Cameroun. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 23, 1 : 83-91.

GTZ, 1982. La traction animale en Afrique. GTZ (Ed.), Eschborn (Deutschland).

GUYOTTE K., 1995. Opération travail minimum. Campagne 1994/95. Rapport Technique Annuel, Projet Garoua, IRA-IRZV, Garoua (Cameroun).

HOFFMANN D., NARI J., PETHERAM R. J. (Eds.), 1989. Draught animals in rural development. ACIAR Proceedings 27, Canberra (Australia).

JONES W. E. (Ed.), 1989. Equine sport medicine. Lea and Febiger Editions, Philadelphia (United States of America).

KEMP D. C., 1987. La culture attelée. Travaux récents et activités en cours. *Revue Mondiale de Zootechnie*, 63 : 7-14.

LAWRENCE P. R., PEARSON R. A., 1985. Factors affecting the measurements of draught force, work output and power of oxen. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 105 : 703-714.

LAWRENCE P. R., PEARSON R. A., 1993. Experimental methods in draught animal science : the need for standardization. Proceedings of the Workshop on "Human and draught animal power in crop production : experiences, present status and research priorities", Harare (Zimbabwe).

LAWRENCE P. R., PEARSON R. A., DIJKMAN J. T., 1991. Techniques for measuring whole body energy expenditure of working animals : a critical review. IAEA-SM-318/18, FAO, Vienna (Austria) : 211-232.

LAWRENCE P. R., STIBBARDS R. J., 1990. The energy cost of walking, carrying and pulling loads on flat surfaces by Brahman cattle and swamp buffalo. *Animal Production*, 50 : 29-39.

LE THIEC G., 1991. Le coutrier à traction animale. Recherche d'alternative au labour en zones sèches. CEEMAT, Montpellier (France).

LE THIEC G., 1994. Mission d'appui. Amélioration des harnachements. CIRAD-SAR, 67/94, Montpellier (France).

LE THIEC G. (Ed.), 1996. Agriculture africaine et traction animale. Collection Techniques, CIRAD, Montpellier (France). (sous presse)

LETOUZEY R., 1985. Carte phytogéographique du Cameroun au 1/500.000. 1. Domaine sahélien et soudanien. IRA (herbier national), Yaoundé (Cameroun), Institut de la Carte Internationale et de la Végétation, Toulouse (France) : 1-26.

LHOSTE P., 1989. Les projets de développement de la traction animale. Les contraintes liées à l'animal et les voies d'interventions prioritaires. *Les Cahiers de la Recherche Développement*, 21 : 10-18.

NDOKI NDOUMBE J. N. N., 1993 et 1994. Rapports Annuels, 1993 et 1994. Mission spéciale d'éradication des glossines, N'Gaoundéré (Cameroun).

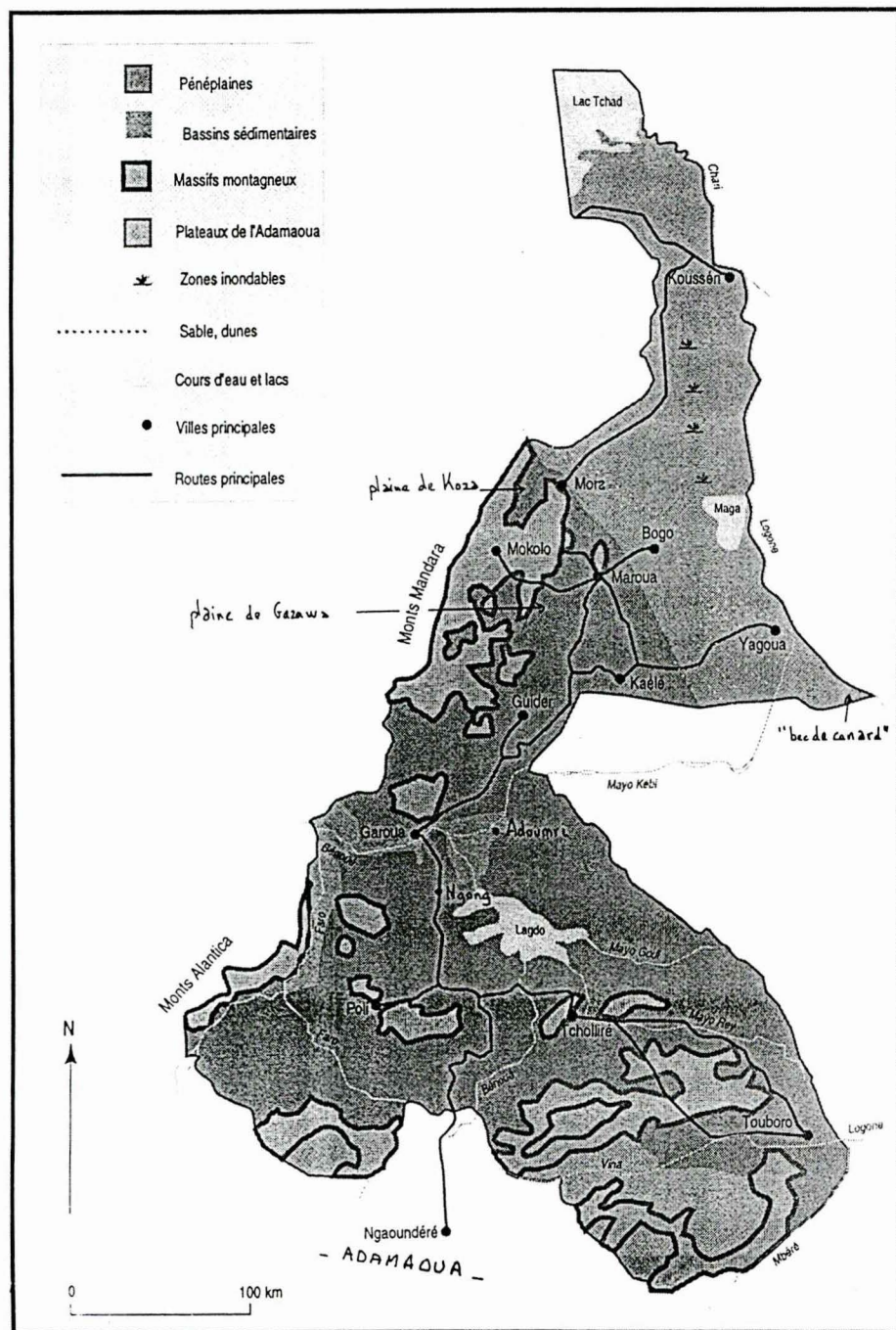
ORSTOM (Collectif), 1984. Le Nord du Cameroun. Des hommes, une région. Collection Mémoires, 102, ORSTOM, Paris (France).

PERSSON S. G. B., LINDOLHM A., JEFFCOTT L. B. (Eds.), 1991. Equine exercise physiology 3. ICEEP Publications, Davis, California (United States of America).

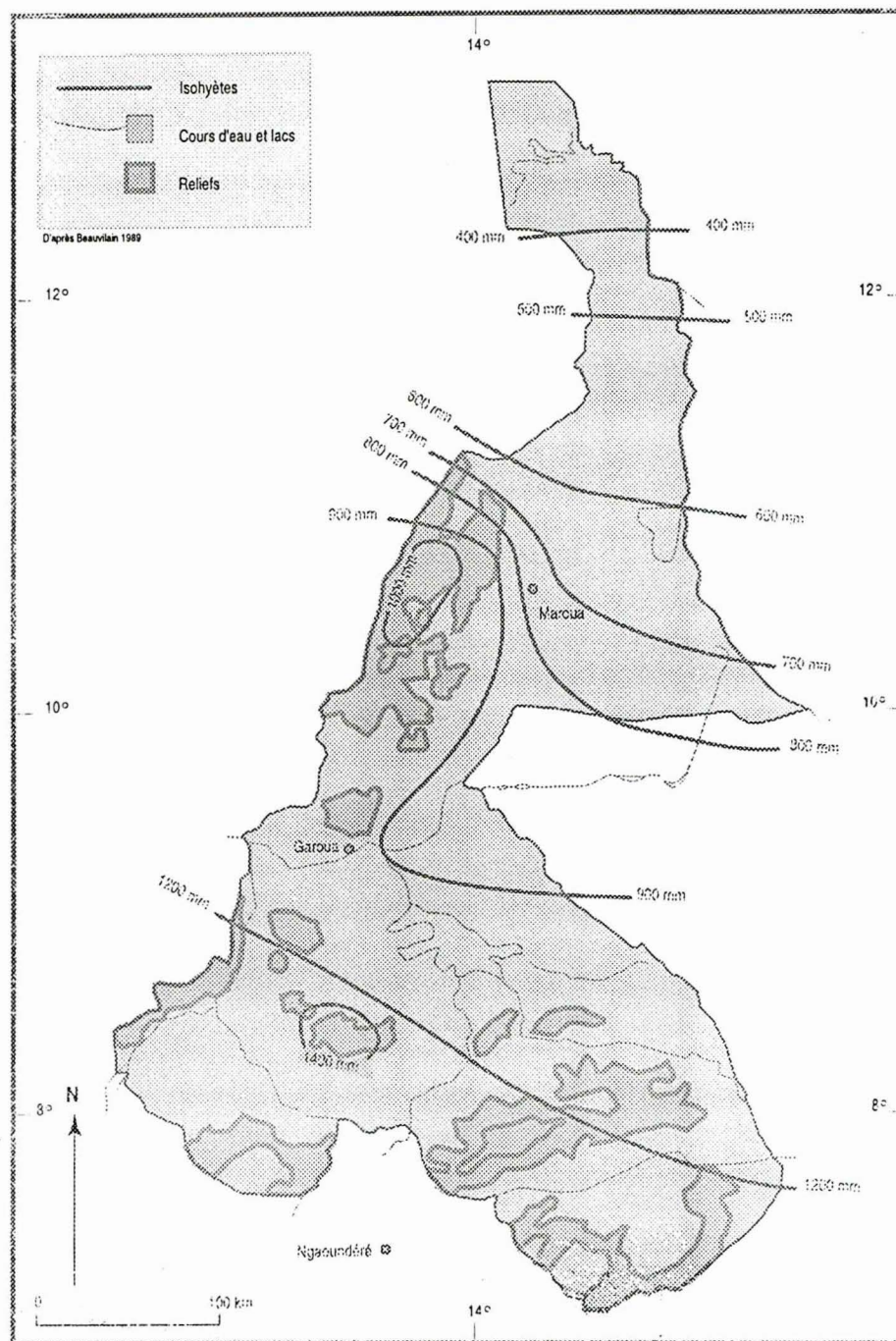


- PLANCHENAULT D., 1992. Enquête productivité du bétail camerounais. MINEPIA, Yaoundé (Cameroun), CIRAD-EMVT, Maisons Alfort (France).
- PRYOR W. J. (Ed.), 1992. Draught animal power in the asian-australian region. ACIAR Proceedings 46, Canberra (Australia).
- RAYMOND G., YUNG J. M., MERCOIRET M. R., DEVAUTOUR H., 1994. Stratégies paysannes en zone cotonnière au Nord-Cameroun. 5 tomes, CIRAD-SAR, 38a/94, Montpellier (France).
- RIEU M., 1986. Lactatémie et exercice musculaire : signification et analyse critique du concept de seuil aérobie/anaérobie. Sciences et Sports, 2 : 51-52.
- RIEU M., 1992. La biologie du sportif. La Recherche, 245, 23 : 878-887.
- ROBINSON N. E., 1995 (Ed.). Equine exercise physiology. R. and W. Publications, New Market (United Kingdom).
- ROUPSARD M., 1987. Nord-Cameroun. Ouverture et Développement. Thèse de Doctorat es Lettres et Sciences Humaines, ENS Yaoundé (Cameroun).
- SEIGNOBOS C., TOURNEUX H., HENTIC A., PLANCHENAULT D., 1987. Le poney du Logone. Etude et Synthèses de l'EMVT 23, Maisons Alfort (France).
- SHERRE J., 1966. Traction animale. Mesure de la puissance des attelages. Compte rendu de missions. 1. En Afrique, en Haute Volta, au Sénégal et en Côte d'Ivoire (9 septembre au 29 octobre 1965). 2. A Madagascar (14 janvier au 4 mars 1966). CEEMAT, Antony (France).
- SMITH A. J., 1981. Recherches sur l'énergie animale. Un domaine délaissé. Revue Mondiale de Zootechnie, 40 : 43-47.
- SNOW D. H., 1990. Stress in driving trials. International Conference on Equine Sport Medecine, Stockholm (Sweden).
- SNOW D. H., PERSSON S. G. B., ROSE R. J., 1983. (Eds.). Equine exercise physiology. Granta Editions, Cambridge (United Kingdom).
- SODECOTON, 1995. Rapport semestriel. Mai 94 à octobre 94. SODECOTON, DAR, Garoua (Cameroun).
- STARKEY P., 1994. Systèmes d'attelage et matériels à traction animale. GATE, GTZ, Eschborn (Deutschland).
- VALETTE J. P., BARREY E., GARBASI C., WOLTER R., 1989. Estimation du seuil anaérobie chez le poney. Annales de Zootechnie, 38 : 229-236.
- VALETTE J. P., BEDU S., 1990. Etude de la récupération cardiaque chez des chevaux trotteurs à l'entraînement. Equathlon, 2, 8 : 19-23.
- VALL E., 1992. Une enquête sur la traction animale dans le Nord-Cameroun. Les Cahiers de la Recherche Développement, 32, 2 : 67-81.
- YOUSEF M. K., DILL D. B., FREELAND D. V., 1972. Energetic cost of grade walking in man and burro, *Equus asinus* : desert and mountain. Journal of Applied Physiology, 33, 3 : 337-340.

## NORD-CAMEROUN : RELIEFS ET COMMUNICATIONS



## NORD-CAMEROUN : PLUVIOMETRIE ANNUELLE MOYENNE





**Glossines m. submorsitans**

- + + + + Limite Nord (Gruvel et al 1970)
- Distribution actuelle (Ndoki Ndoumbé 1993-94)

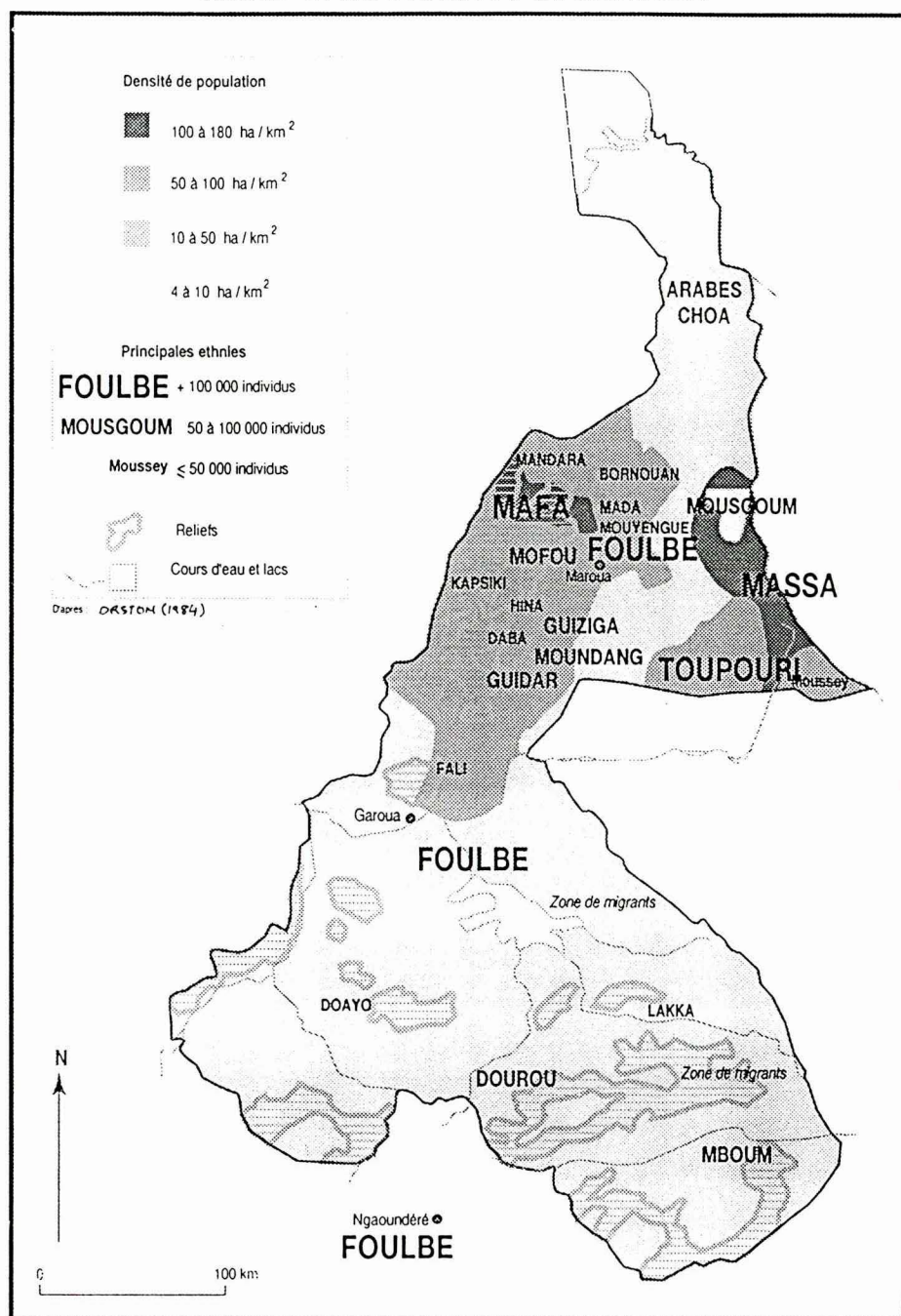
**Glossines tachinoides**

- • • • • Galeries à glossines
- - - - - Limite Sud (Gruvel et al 1970)
- Cours d'eau et lacs

The map shows the geographical distribution of two species of tsetse flies in Chad. The northern part of the country is shaded light grey, representing the current distribution of *Glossina m. submorsitans*. A dotted line marks its northern limit. The southern part is shaded dark grey, representing the current distribution of *Glossina tachinoides*, which includes numerous small circles indicating galleries. A dashed line marks its southern limit. Water bodies are shown as white areas. Major towns like Maroua, Garoua, and N'gaoundéré are labeled. A north arrow and a 100 km scale bar are provided.

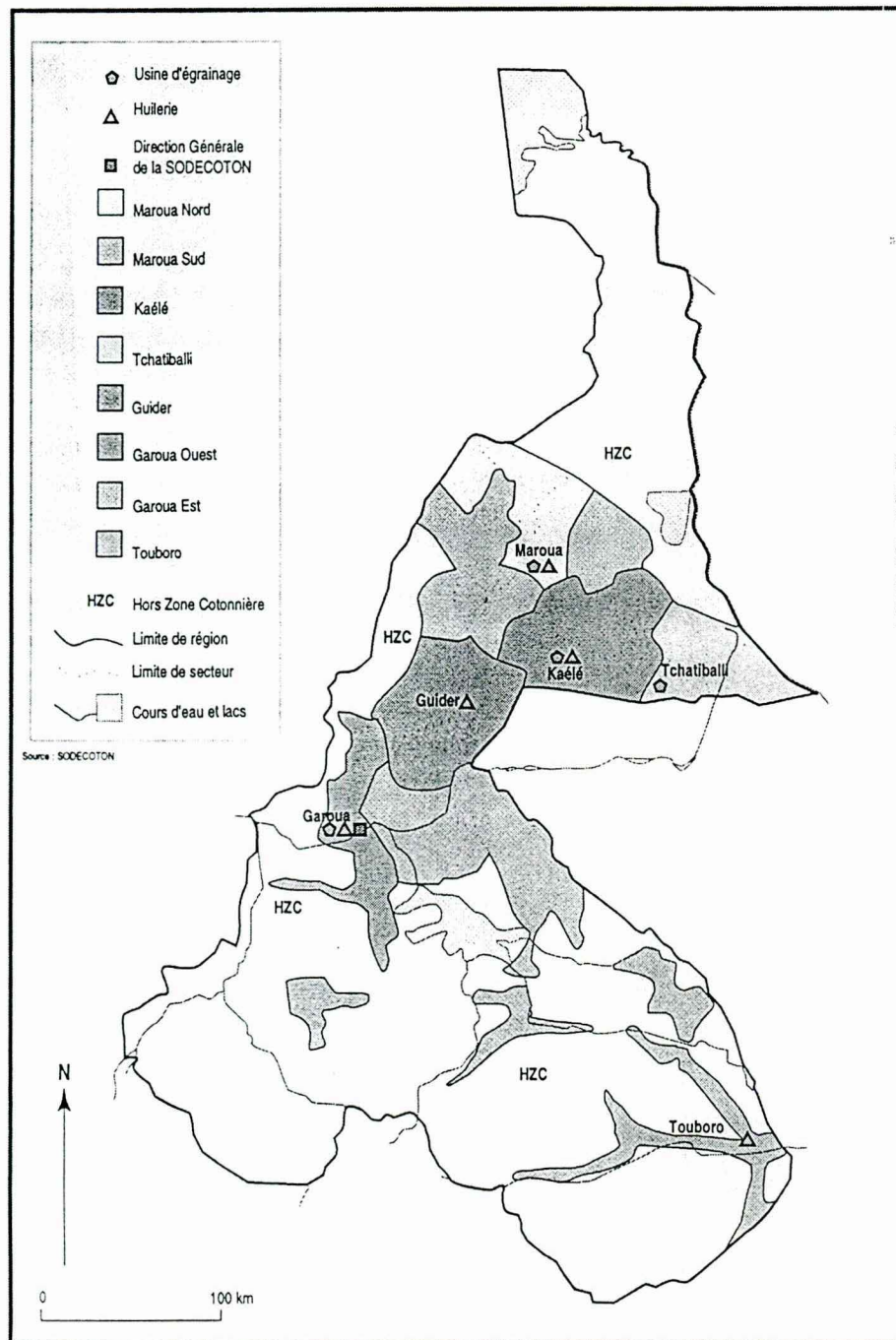
## Annexe 3

## NORD-CAMEROUN : POPULATION

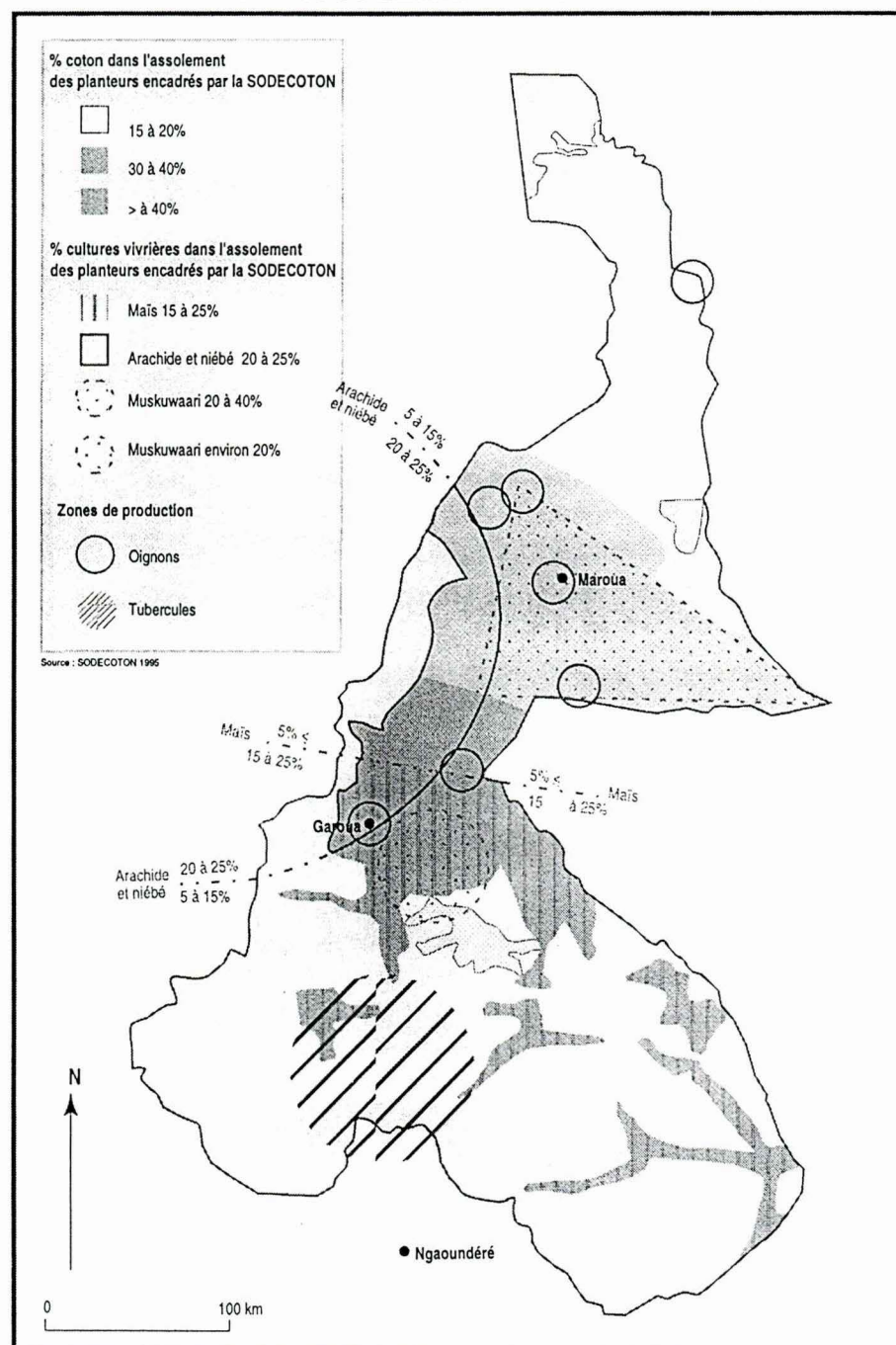




## NORD-CAMEROUN : ZONE COTONNIERE



## NORD-CAMEROUN : IMPORTANCE RELATIVE DES CULTURES DANS L'ASSOLEMENT DES PLANTEURS





Centre  
de coopération  
internationale  
en recherche  
agronomique  
pour le  
développement

**Département  
d'élevage et  
de médecine  
vétérinaire  
CIRAD-EMVT**

Campus  
international  
de Baillarguet  
BP 5035  
34032 Montpellier  
Cedex 1  
France  
téléphone :  
67 61 58 00  
télécopie :  
67 59 37 95